Dr. Friedrich Becker

Eine Fahrt durch die Sonnenwelt

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

Berlin und Bonn
Ferd. Dümmlers Verlagsbuchhandlung

Eine Fahrt durch die Sonnenwelt

Astron.
B.

Eine Fahrt durch die Sonnenwelt

Astronomische Unterhaltungen

von

Dr. Friedrich Becker

Mit 29 Abbildungen im Text

213318
15. 6. 27

1 9 2 5

Ferd. Dümmlers Verlagsbuchhandlung
Berlin und Bonn

Druck von
Oscar Brandstetter
in Leipzig.

Germany

Geleitwort

Dieses Büchlein setzt nur Volksschulbildung voraus. Es ist für Leser bestimmt, denen die Zeit fehlt, ein großes Buch durchzulesen und die einen gar zu trockenen Ton nicht lieben. Als erste Einführung in das Gebiet will es nicht alle Probleme bis auf den Grund ausschöpfen, sondern hält sich bescheiden in der Rolle eines Lotsen, der das Schiff nur eine kleine Strecke aus dem Hafen bringt, dann aber die Führung einem andern überläßt.

Der gegenwärtige Stand der Forschung wurde überall berücksichtigt, das Bildermaterial z. T. neu angefertigt. Einiges aus Heft 16 der 5. Auflage von Bernsteins Naturwissenschaftlichen Volksbüchern ist mit verarbeitet worden.

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Geschwister der Erde 9
2. Das Reich der Sonne..... 16
3. Der Doppelstern Erde-Mond..... 25
4. Auf der Fahrt zum Monde..... 33
5. Eine tote Welt 40
6. Aus der Vergangenheit unseres Trabanten 47
7. Eine Reisebegegnung 52
8. Planet Venus in Sicht 59
9. Der Sonne entgegen 63
10. Eine leuchtende Gaskugel 68
11. Der Planet Merkur 75
12. Ein Blick auf den Mars..... 81
13. Im Planetoiden-Gürtel 88
14. Das Jupiter-System 94
15. Geheimnisse des Riesenplaneten..... 99
16. Kometenschicksal 104
17. Die Wunderwelt des Saturn.....113
18. Uranus 120
19. Im Dämmerlicht des Neptuntages 124
20. An den Grenzen der Sonnenwelt 128

Verzeichnis der Abbildungen

Seite

1. Merkurdurchgang 1924 ... 18
2. Kreis und Ellipse ... 20
3. Übersicht über das Sonnensystem ... 21
4. Bahn des Mondes um die Erde ... 27
5. Wahre Mondbahn ... 30
6. Mond im letzten Viertel ... 37
7. Krater Theophilus ... 38
8. Ringgebirge Kopernikus ... 43
9. Komet Morhouse ... 53
10. Kometenbahn ... 54
11. Phasen der Venus ... 60
12. Sonne mit Fleckengruppe ... 70
13. Großer Sonnenfleck ... 71
14. Protuberanzen am Sonnenrande ... 72
15. Polarlicht ... 73
16. Wahre und scheinbare Bewegung des Merkur ... 76
17. Bahnen von Erde und Mars ... 82
18. Polarkappe des Mars ... 83
19. Mars nach photographischen Aufnahmen ... 84
20. Photographische Entdeckung des Planetoiden Eros ... 90
21. Zeichnungen des Planeten Jupiter von Fauth ... 101
22. Zur Entstehung der Jahreszeiten ... 103
23. Kometenfamilie des Jupiter ... 106
24. Meteoriten aus der Vatikanischen Sammlung ... 110
25. Saturn mit seinen Ringen ... 115
26. Der wechselnde Anblick des Ringes ... 116
27. Das Saturnsystem ... 118
28. Bahnbewegung und Achsendrehung des Uranus ... 121
29. Blick in die Milchstraße ... 129

1. Geschwister der Erde

Es gab in unserem Leben eine Zeit, da sich unsere Raumvorstellung auf die nächste Umgebung beschränkte; Straßen und Plätze einer Stadt, Wälder und Felder, denen unsere ersten Entdeckungsfahrten galten. Mit der Zeit traten benachbarte Dörfer und fremde Städte in unseren Gesichtskreis, und Eisenbahnfahrten vermittelten uns die ersten unklaren Begriffe von räumlicher Entfernung, bis man uns in der Schule lehrte, Einzelerfahrungen in der Vorstellung eines Landesteiles, einer Provinz zu vereinigen. Durch Unterricht und, wenn es glückliche Umstände fügten, auch durch eigene Anschauung, weitete sich nun unser Blick mehr und mehr; wir vermochten im Geiste unser Vaterland zu überschauen und bald auch mit dem oft gehörten Wort Europa eine klare Vorstellung zu verbinden. Und dann schweiften unsere Gedanken und Sehnsüchte über Länder und Meere zu fernen Küsten; die uralten Kulturzentren des Ostens, die Jagdgebiete des tropischen Afrikas und die weiten Prärien und Pampas der neuen Welt nahmen in unserem Bewußtsein Gestalt und Farbe an. Noch ein großer Schritt war es von hier bis zu der letzten Erkenntnis: Alle diese Länder und Meere liegen auf der Oberfläche einer Kugel, die frei im Raum schwebt und vermöge einer geheimnisvollen Kraft — die Physiker nennen sie Schwerkraft — die gesamte lebende und leblose Natur an sich fesselt. Diese Weltkugel, es ist unsere Erde, stellt einen Körper von riesenhaften Dimensionen dar; auf Grund astronomischer und geodätischer Messungen ergibt sich ihr Umfang zu 40 000 km, ihr Durchmesser zu rund 12 000 km. Umgeben ist sie von einem Luftmeer, das schätzungsweise eine Höhe von 150 bis 200 km erreicht. Das Innere der Kugel ist uns noch so gut wie gänzlich unbekannt, die tiefsten Bohrlöcher dringen nur wenig mehr als 2 km in die Tiefe.

Vielleicht möchte der Leser hier einen Einwand machen. Er denkt an all die Unebenheiten der Erdoberfläche, an die Gebirgsmassen der Alpen, des Himalaja, der Kordilleren und an die tiefen Becken der Ozeane, und es scheint ihm, es müßte durch solche Furchen die Kugel-

form doch ziemlich entstellt werden. Wir wollen diesen Einwand einmal auf Grund der tatsächlichen Verhältnisse prüfen. Da die größte Meerestiefe zu 9600 m (Guam-Graben im Stillen Ozean), der höchste Berggipfel zu 8800m (Mt. Everest) gemessen wurde, so beträgt der größte Niveauunterschied auf der Erde rund 18 ½ km, d. h. den 650. Teil ihres Durchmessers. Wollte man also z. B. auf einem Schulglobus von 32,5 cm Durchmesser den Mt. Everest im richtigen Maße darstellen, so dürfte er nur etwa ¼ mm hoch werden. Dieses Beispiel zeigt uns, daß alle Geländeunterschiede der Kugelgestalt nichts anhaben können, vielmehr bei der ungeheuren Größe der Erde zu winzigen Unebenheiten zusammenschrumpfen. — —

So wuchs uns allmählich die Welt. Aber noch ist „Welt" gleichbedeutend mit Erde, noch fassen wir nicht die unermeßlich große Welt, von der auch die Erde nur ein unscheinbares Glied ist. Den Schritt zu dieser neuen Erkenntnis wollen wir jetzt tun.

Vielleicht kamen uns schon oft, wenn wir der irdischen Sorgen müde, uns dem Zauber des nächtlichen Sternhimmels hingaben, allerlei Gedanken über diese größere Welt in den Sinn. Was die Sterne eigentlich sind, woher ihr Leuchten rührt, was für Entfernungen uns von ihnen trennen, in welchem Verhältnis sie zu unserer Erde stehen, auf diese und manche anderen Fragen hätten wir gern eine Antwort gehabt, aber es war niemand zur Stelle, der sie uns geben konnte, und später traten dann die empfangenen Eindrücke im Drange der Berufsgeschäfte wieder zurück. Indessen könnten wir uns selbst einen ersten Einblick in diese Dinge verschaffen, wenn wir uns die Mühe machen würden, einige einfache Beobachtungen anzustellen, die weiter nichts erfordern als etwas Zeit, Ausdauer und Liebe zur Sache.

Die erste dieser Wahrnehmungen besteht darin, daß die Sterne nicht stillstehen, sondern sich bewegen; sie steigen im Osten empor und sinken im Westen wieder herab. Dabei verändern sie aber ihre gegenseitige Stellung nicht, die Sterne des großen Bären z. B. bilden immer dieselbe Figur miteinander; vielmehr scheint es, als ob alle Sterne an der Innenseite einer großen Hohlkugel befestigt wären, die sich mit gleichmäßiger Geschwindigkeit um die Erde als ihr Zentrum dreht. Sieht man genauer zu, so erkennt man bald, daß eine einmalige, vollständige Umdrehung der Himmelskugel fast genau 24 Stunden dauert, also einen ganzen Tag, weshalb man sie auch die tägliche Bewegung nennt. Heute wissen wir freilich, daß eine solche Himmelskugel in

Wirklichkeit nicht existiert; vielmehr handelt es sich hier um eine Täuschung, die durch den Bau unseres Auges hervorgerufen wird. Wenn wir zwei Gegenstände auf der Erde in der Ferne sehen, so gibt es viele Merkmale, durch die wir imstande sind zu sagen, welcher von ihnen uns näher und welcher uns ferner ist. Dahingegen können wir Gegenstände in der Luft oder gar am Sternenhimmel nicht so abschätzen. Von zwei Wölkchen, die in der Luft schweben, weiß man dem Augenmaß nach meist nicht anzugeben, welches uns näher und welches uns ferner ist; noch weniger kann man ohne scharfsinnig erdachte Messungen wissen, welcher von zwei Himmelskörpern, die man sieht, uns näher ist. So kommt es, daß alles, was wir über uns erblicken, an dem großen Gewölbe vorzugehen scheint, das wir Himmel nennen. Die Wolken sind von uns zumeist nur wenige Kilometer entfernt, wenn wir aber des Nachts den Mond zwischen Wolken sehen, so erscheint es uns so, als ob der Mond wirklich mitten unter den Wolken stecke, obgleich er mehr als 380 000 km von uns entfernt ist. Ebenso erscheint es unserem Auge, als ob der Mond unter den Sternen herumwandelte, obgleich diese wiederum, wie wir noch sehen werden, außerordentlich viel weiter entfernt sind als der Mond.

Aber auch die tägliche Bewegung des Sternhimmels erweist sich als Täuschung. Wie wir uns auf einem sanft fahrenden Karussell in die Illusion wiegen könnten, wir selbst befänden uns in Ruhe, und die ganze Umgebung drehe sich um uns, während es doch in Wirklichkeit umgekehrt ist, so leben wir auf der Erde tatsächlich fortwährend in einer solchen Täuschung, ohne es zu merken. Nicht drehen sich Tausende von Sternen in 24 Stunden einmal um die Erde, sondern die Erde dreht sich mit allem, was auf ihr ist, in derselben Zeit einmal um sich selbst, und die tägliche Bewegung des Sternhimmels ist nichts anderes als das Spiegelbild der Erdumdrehung.

Hält es nun auch sehr schwer, über die Entfernungen der Sterne etwas in Erfahrung zu bringen, so gibt es doch einen Weg, dies zu erreichen, wie uns ein einfaches Beispiel zeigen wird. Angenommen, wir befänden uns in einem sehr lichten Walde, so daß die Türme einer entfernten Stadt zwischen den Stämmen sichtbar sind. Von unserem Platze aus sehen wir die Bäume, die Telegraphenmasten der Bahnstrecke dort drüben und die Türme der noch ferneren Stadt in ganz bestimmter Gruppierung sich vom Himmel abheben. Nun gehen wir 20 Schritt weiter, und vieles scheint verändert. Die Bäume haben sich

sehr stark gegeneinander und gegen die übrigen Dinge verschoben, die Telegraphenmasten gegenüber den Türmen schon weniger, aber doch merklich, die Türme jedoch bieten in ihrer gegenseitigen Stellung noch denselben Anblick wie vorher, und wir müssen schon eine gehörige Strecke gehen, um auch hier einen Unterschied zu bemerken. Es ist die alltägliche Erfahrung, daß der Anblick einer Landschaft sich ändert, wenn wir unseren Standpunkt ändern; die nahen Gegenstände verschieben sich stark, die ferneren weniger, und die entferntesten kaum merklich. Aus der Größe der Verschiebung können wir also umgekehrt einen Schluß auf die Entfernung der Dinge ziehen. Die Mathematik gibt uns sogar die Mittel an die Hand, die eine aus der anderen genau zu berechnen.

Nun brauchen wir uns nur an die Stelle der Landschaft den Sternhimmel zu denken, um die Bedeutung unseres Beispiels zu erkennen. Wir wollen nur gleich eine recht große Standortsveränderung vornehmen, und ihn einmal in Europa, dann in Nordamerika betrachten. Aber es ist nicht die mindeste Spur einer Verschiebung unter den Sternen zu bemerken; die Sternbilder sehen in Nordamerika genau so aus wie in Europa oder Ostasien. Da die naive Auffassung, sie seien an eine Himmelskugel festgeheftet, für uns nicht in Frage kommt, müssen wir daraus auf eine sehr große, zunächst unmeßbar große Entfernung der Sterne schließen.

Eine zweite Beobachtung, die wir mit der Zeit machen, lehrt uns indessen, daß der zuerst gefundene Satz von der Unveränderlichkeit des Sternhimmels doch nicht ohne Ausnahme gilt. Da beobachten wir z. B. einen besonders hellen Stern im Bilde der Zwillinge. Wir merken uns seine Stellung daran, daß er mit zwei anderen Sternen ein nahezu gleichseitiges Dreieck bildet. Einige Wochen später will es uns scheinen, als ob sich das Dreieck verändert habe; wir passen nun schärfer auf und finden unsere Wahrnehmung wirklich bestätigt, der Stern bewegt sich langsam, aber im Laufe der Wochen und Monate doch merkbar, unter den übrigen fort, und ein halbes oder ganzes Jahr später hat er das Sternbild der Zwillinge überhaupt verlassen und ist in das benachbarte des Krebses eingetreten. Bei längerer Fortsetzung unserer einfachen Beobachtungen würden wir schließlich vier oder fünf solcher „Wandelsterne", Planeten genannt, ausfindig machen. Sie führen schon seit den Tagen des Altertums die Namen: Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Sa-

turn, die dem Sagenkreise der griechisch-römischen Götterwelt entstammen.

Die Bewegungen der Planeten sind scheinbar recht verwickelt und verlaufen bald schneller, bald langsamer. Auch im Vergleich untereinander erscheinen ihre Bahngeschwindigkeiten sehr verschieden; am schnellsten bewegt sich Merkur, am langsamsten Saturn. Stets halten sie sich aber in der Nähe eines Kreises, der durch einen geschlossenen Ring von Sternbildern markiert wird, des sogenannten Tierkreises. Diese Sternbilder sind folgende:

Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Wage, Skorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische.

Die fünf Planeten gehören alle zu den hellsten Sternen des Himmels, es fällt uns jedoch mit der Zeit auf, daß ihre Helligkeit nicht immer dieselbe bleibt, sondern Schwankungen erleidet, die bei Merkur, Jupiter und Saturn zwar nur gering sind, bei Venus und Mars dagegen unter Umständen recht ansehnliche Beträge erreichen. Diese Helligkeitsschwankungen können darauf beruhen, daß sich die Entfernungen der Planeten von der Erde ändern, aber um dies nachzuprüfen, müßten wir die Entfernungen selbst erst kennen. Nun haben wir das Wesen der astronomischen Entfernungsmessung bereits kennengelernt und erfahren, daß die große Menge der Sterne keine gegenseitige Verschiebung zeigt, wenn wir unseren Beobachtungsort auf der Erde wechseln; es sind scheinbar festgeheftete Sterne, „Fixsterne". Anders die Planeten. Bestimmt man in einem Fernrohr mit Meßvorrichtung so genau wie möglich die Stellung eines Planeten zu einem nahe benachbarten Fixstern, so fällt das Ergebnis verschieden aus, wenn die Messung einmal in Europa und gleichzeitig etwa in Südafrika ausgeführt wird. Da wir schon wissen, daß diese Verschiebung nicht an dem Fixstern liegen kann, schließen wir daraus zunächst ganz allgemein, daß uns der Planet näher steht als der Fixstern, denn in ganz ähnlicher Weise wird sich ja auch ein Baum, der zwischen uns und einer fernen Hügelkette steht, gegen diese verschieben, wenn wir unseren Standort ändern. An die Stelle der Hügelkette tritt in unserem Falle der Fixsternhimmel, oder der einzelne Fixstern, an die des Baumes der Planet. Aus der Größe der Verschiebung läßt sich nun aber, wie wir gesehen haben, die Entfernung des Baumes bzw. des Planeten auch zahlenmäßig sehr genau

berechnen. Die praktische Durchführung gestaltet sich zwar in der Regel etwas anders, indessen genügt es uns zu wissen, daß man die Entfernungen der Planeten auf diese Weise tatsächlich bestimmen und auch zeigen konnte, daß sie innerhalb gewisser Grenzen schwanken. Wir werden für die Ergebnisse dieser Messungen erst im nächsten Kapitel das richtige Verständnis bekommen, für jetzt sei nur so viel bemerkt, daß selbst die beiden nächsten Planeten, Venus und Mars, noch viele Millionen Kilometer von der Erde entfernt sind.

Da müssen aber die Planeten doch sehr große und helle Körper sein, wenn man sie bei einer solchen Entfernung überhaupt noch sieht! Also ihre Gestalt und Größe zu bestimmen wäre jetzt unsere nächste Aufgabe. Dazu brauchen wir aber notwendig ein Fernrohr, denn das bloße Auge zeigt uns nichts anderes als einen mehr oder minder scharfen, leuchtenden Punkt. Allzuviel sehen wir allerdings im Fernrohr auch nicht, aber doch etwas Neues, das allen Planeten gemeinsam ist und sie zugleich von den Fixsternen unterscheidet. Sie erscheinen als kleine runde Scheibchen, die Fixsterne bleiben dagegen auch bei der stärksten Vergrößerung streng punktförmig. Auf einigen dieser Planetenscheibchen, insbesondere dem des Mars, erblickt man dunklere Flecken, die am östlichen Rande auftauchen, langsam über die Scheibe hinziehen und dann am Westrande wieder verschwinden, bis sie nach etwa einem Tage von neuem im Osten sichtbar werden. Was hat dies zu bedeuten? Unwillkürlich kommt uns der Gedanke, daß die Erde, aus großer Entfernung gesehen, ganz ähnlich aussehen müßte. Eine vom Sonnenlicht bestrahlte Scheibe, über die helle und dunkle Flecken — die Kontinente und Meere — infolge der Achsendrehung langsam hinwegziehen. Sollten wir in den Planeten auch solche Weltkugeln vor uns haben, Geschwister der Erde? So ist es in der Tat. Hinter der Scheibenform verbirgt sich die Kugelgestalt, ja, diese tritt in günstigen Fällen namentlich beim Jupiter und Saturn in ihrer plastischen Form sogar recht deutlich hervor. Um zu erkennen, ob auch die Größenverhältnisse stimmen, denken wir uns einfach die Erde, deren wahren Durchmesser wir ja kennen, in Planetenentfernung versetzt, berechnen, wie groß sie uns dann erscheinen würde, und vergleichen die gefundenen Maße mit denen der Planetenscheibchen. So ergibt sich, daß die Erde, in Venusentfernung gesehen, als genau so großes Scheibchen erscheinen würde, wie Venus von der Erde aus; Erde und Venus sind also in der Tat gleich groß. Dagegen

sind Merkur und Mars kleiner, Jupiter und Saturn aber viel größer als die Erde; betreffs der genauen Maße müssen wir uns auch hier bis zum nächsten Kapitel gedulden.

So buchen wir denn als erstes Ergebnis unserer astronomischen Beobachtungen und Überlegungen: Unmeßbar große Entfernungen trennen uns von der geheimnisvollen Welt der Fixsterne. Dagegen befinden sich in unmittelbarer Nachbarschaft der Erde, d. h. innerhalb eines Raumes von einigen hundert Millionen Kilometern Ausdehnung mehrere Himmelskörper, die wir als Schwesterwelten der Erde zu betrachten haben, ihr vergleichbar an Größe und Gestalt. Wegen ihrer beständigen Ortsveränderung nannten wir sie Planeten, d. i. Wandelsterne.

Was hält die Planeten auf so begrenztem Raume zusammen, wie verlaufen ihre wahren Bewegungen, woher empfangen sie ihr Licht? Diese Fragen soll uns das nächste Kapitel beantworten.

2. Das Reich der Sonne

Noch haben wir nicht eines Weltkörpers gedacht, der für uns Erdenbewohner viel wichtiger ist als alle Planeten und Fixsterne, nämlich der Sonne. Die Sonne spendet uns ja Licht und Wärme und schafft damit erst die Grundlage für das Entstehen und Gedeihen irdischen Lebens. Wir wollen deshalb unser Versäumnis jetzt nachholen und einiges über die Stellung der Sonne im Weltall zu erfahren suchen.

Die Entfernung der Sonne von der Erde ergibt sich, wie wir noch sehen werden, aus den Messungen der Astronomen zu rund 150 Millionen Kilometer. Das entspricht der Größenordnung nach den Entfernungen der Planeten; jedenfalls ist uns die Sonne näher als Jupiter und Saturn. Sie gehört also, im Gegensatz zu den unmeßbar weiten Fixsternen, derselben Gruppe von Weltkörpern an, wie unsere Erde und die Planeten, doch scheint sie weit größer und massiger zu sein als diese. Hierüber können wir leicht durch eine ähnliche Überlegung Gewißheit erhalten, wie vorhin bei der Bestimmung der Planetendurchmesser. Da nämlich die Erde, in die Entfernung der Sonne versetzt, etwa 1100 mal kleiner erscheinen würde als diese, so ist der Sonnendurchmesser um ebensoviel größer als der Durchmesser der Erde, also gleich 12 000 km $\times$ 1100 = 1 300 000 km. Wie die Planeten zeigt sich uns auch die Sonne als kreisrunde Scheibe, aber wir wissen schon aus unseren früheren Betrachtungen, was davon zu halten ist, und wie bei den Planeten werden wir auch bei der Sonne vermuten, daß sie in Wirklichkeit kugelförmig gestaltet ist. Wie sich später zeigen wird, bekommen wir die Sonne abwechselnd von den verschiedensten Seiten zu sehen, und die Kugel ist in der Tat der einzige Körper, der stets, von welcher Seite aus man ihn auch betrachten mag, als Kreisscheibe erscheint.

Nimmt somit die Sonne schon wegen ihrer überragenden Größe eine Vormachtstellung gegenüber den Planeten ein, so gilt dies auch noch in anderer Hinsicht. Sie ist nämlich derjenige Himmelskörper,

der die Planeten, einschließlich der Erde, mit Licht und Wärme versorgt. Daß wir auf der Erde diese lebenspendenden Geschenke allein der Sonne zu verdanken haben, bekommen wir ja immer wieder im Wechsel von Tag und Nacht, von Sommer und Winter zu spüren. Es wird dunkel, wenn die Sonne untergegangen ist, d. h. wenn unser Wohnort sich infolge der Achsendrehung der Erde von der Sonnenseite abgewandt hat. — Die Wirkung der Sonnenstrahlen ist um so kräftiger, je steiler sie auftreffen, deshalb tritt die kalte Jahreszeit ein, wenn infolge des tiefen Standes der Sonne ihre Strahlen sehr schräg, fast streifend einfallen und zudem wegen der geringen Tageslänge wenig Zeit haben, das Land zu erwärmen.

Da wir die Planeten bereits als Schwesterwelten der Erde kennengelernt haben, so liegt uns der Gedanke nahe, daß auch sie auf die Sonne als Licht- und Wärmequelle angewiesen sind, daß sie, an sich dunkel, von der Sonne beleuchtet und so erst sichtbar werden. Daß dem so ist, zeigt nicht nur die physikalische Untersuchung des Planetenlichtes, die dasselbe als zurückgeworfenes Sonnenlicht erweist; für zwei Planeten wenigstens, nämlich für Merkur und Venus, läßt es sich auch durch unmittelbare Beobachtungen nachweisen. Es kann nämlich — für Venus sehr selten, für Merkur häufiger — der Fall eintreten, daß einer dieser Planeten, von der Erde aus gesehen, in derselben Richtung steht wie die Sonne, aber uns näher als diese. Alsdann sieht man den Planeten langsam vor der Sonnenscheibe herziehen, wobei er uns natürlich die von der Sonne nicht beleuchtete Seite zuwendet. Diese ist nun in der Tat vollkommen schwarz, was nicht der Fall sein könnte, wenn der Planet ein selbstleuchtender Körper wäre.

Man nennt den besprochenen Vorgang Venus- oder Merkurdurchgang, je nachdem, welcher der beiden Planeten in Frage kommt. Der letzte Merkurdurchgang fand im Mai 1924 statt. Unsere Abb. 1 (S. 18) gibt ein Photogramm dieser Erscheinung wieder, das allerdings wegen der starken Luftunruhe zur Zeit der Aufnahme ziemlich unscharf ausgefallen ist. Man erkennt aber deutlich am linken unteren Rande des Bildes das schwarze Merkurscheibchen auf dem hellen Sonnengrunde und bekommt zugleich eine Vorstellung von dem Größenverhältnis Sonne — Merkur, wobei noch zu beachten ist, daß uns der Merkur bei einem solchen „Durchgang" rund 58 Millionen Kilometer näher steht als die Sonne.

Süd

Nord

Abb. 1. Der Planet Merkur vor der Sonnenscheibe

Aufgenommen vom Verfasser 1924 7. Mai 17 Uhr 25 Min. 43.2 Sek. M.Z.Gr. auf der Universitäts-Sternwarte zu Münster

Venusdurchgänge sind viel seltener; die beiden letzten fanden gegen Ende des vorigen Jahrhunderts statt, nämlich am 9. Dezember 1874 und am 6. Dezember 1882. Erst 120 Jahre später, am 8. Juni 2004, wird sich der Vorgang von neuem wiederholen.

Somit haben wir jetzt folgendes Bild. Eine Anzahl dunkler Weltkörper, von denen einer, die Erde, Heimat und Wohnsitz der Menschheit ist, gruppiert sich um die Sonne, einen Riesenfeuerball, der ihnen unausgesetzt Ströme von Licht und Wärme zusendet und sie kraft seiner überragenden Größe und Masse in feste Bahnen zwingt, längs deren sie schon seit Anbeginn ihres Daseins um ihn als ruhendes Zentrum kreisen. Diese Wahrheit erkannt und zuerst wissenschaftlich durchdacht zu haben, ist das Verdienst des unsterblichen Nikolaus Kopernikus.

Hundert Jahre später fand dann der große Schwabe Johannes Kepler die Gesetze, die den Lauf der Planeten beherrschen, und dem englischen Naturforscher Isak Newton endlich war es vorbehalten, in dem von ihm entdeckten Gesetz der Schwere, dem Gravitationsgesetz, den Grund aufzufinden, weshalb sich die Planeten gerade so bewegen und nicht anders. Nach dem Newtonschen Gesetz ist jedem Körper eine Kraft eigen, mit der er auf andere Körper wirkt, die sogenannte Schwer- oder Anziehungskraft, und in einer Gruppe von freibeweglichen Körpern, die alle einander anziehen, wird immer der massenreichste, in unserem Falle also die Sonne, das Übergewicht haben und die anderen zwingen, sich um ihn zu bewegen.

Welche Form die Bahn hat, in der sich der eine Körper um den anderen bewegt, hängt ganz von der Geschwindigkeit ab, die beide Körper besaßen, als sie durch die Anziehungskraft aufeinander zu wirken begannen. Die Planeten bewegen sich, und das ist der Inhalt des ersten Keplerschen Gesetzes, in Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht. Die Ellipse ist die Figur, die entsteht, wenn man einen Kreis, etwa einen Reifen aus dünnem Bandeisen, streckt, so daß er eine längliche Form annimmt. Dabei werden die Durchmesser des Kreises teils verlängert, teils verkürzt, und zwar verlängert sich am stärksten der Durchmesser, an dessen Enden man den Reifen faßt, um ihn zu strecken, während der darauf senkrecht stehende Durchmesser am stärksten verkürzt erscheint (vgl. Abb. 2). Diese beiden Durchmesser heißen deshalb die große und die kleine Achse der Ellipse. Man kann sich ferner denken, es würde bei der

Streckung auch der Mittelpunkt des Kreises in zwei Punkte auseinandergerissen, die dann in der Ellipse beiderseits des Schnittpunktes der kleinen und großen Achse und gleichweit von diesem entfernt auf der großen Achse zu liegen kommen. Dies sind die beiden Brennpunkte der Ellipse; sie liegen um so weiter auseinander, je stärker die Ellipse gestreckt ist. Die Ellipsen, in denen sich die Erde und die anderen uns bisher bekannten fünf Planeten bewegen, sind meist nur schwach gestreckt, also nahezu kreisförmig; und wenn nun auch die Sonne in Wahrheit in einem der beiden Brennpunkte steht, also seitlich vom Mittelpunkt, so ist dieser Unterschied doch so gering, daß er, auf den Maßstab einer kleinen Zeichnung gebracht, nicht sehr

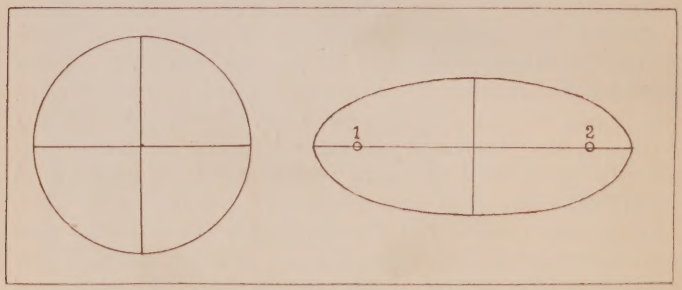


Abb. 2. Kreis und Ellipse.
1 und 2 sind die beiden Brennpunkte der Ellipse

ins Gewicht fällt. Wir werden deshalb, wenn wir nachher darangehen, uns die Bahnen der Planeten zu veranschaulichen, diese ruhig als Kreise darstellen mit der Sonne im Mittelpunkt und den Leser bitten, sich den wahren Sachverhalt im Kopfe zurechtzulegen.

In unserer Unterhaltung ist bis jetzt immer nur von fünf Planeten die Rede gewesen, und Jahrtausende lang hat man auch nur diese fünf gekannt. Da entdeckte im Jahre 1781 der englische Astronom William Herschel mit einem seiner selbstgebauten Spiegelteleskope einen Stern, der sich seiner Helligkeit nach gerade an der Grenze der Sichtbarkeit für das bloße Auge befand und durch seine Bewegung bald erkennen ließ, daß man es nicht mit einem Fixstern, sondern mit einem zum Sonnensystem gehörigen Weltkörper zu tun habe.

Ein neuer, ferner Planet — unter Einschluß der Erde der siebente — war entdeckt worden. Er erhielt später den Namen Uranus.

Fünfundsechzig Jahre später gelang es den Astronomen, durch Entdeckung eines achten Planeten die Grenzen des Sonnenreiches um weitere 1500 Millionen Kilometer in den Raum hinauszuschieben. Wir erwähnen diese Tatsache jetzt nur flüchtig; die Umstände, unter denen dieser Planet — man hat ihn Neptun getauft — damals aufgefunden wurde, sind jedoch so merkwürdig, daß wir später noch ausführlich darauf zurückkommen werden. Von der Erde aus erscheint Neptun als schwaches Sternchen achter Größe; man kann ihn nur mit Hilfe eines Fernrohres beobachten.

Wir wollen nunmehr versuchen, uns ein Gesamtbild vom Bau des Sonnensystems zu machen, so-

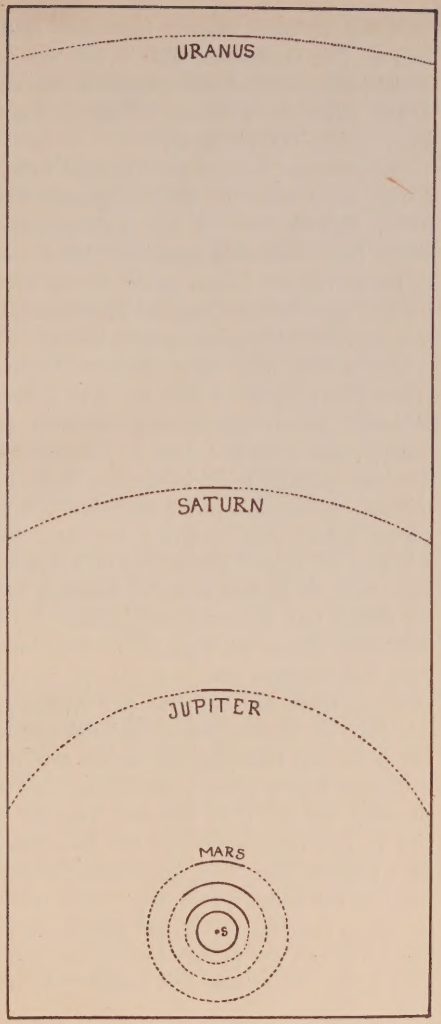


Abb. 3. Übersicht über das Sonnensystem
Die Bahn des Neptun würde in dreifachem Sonnenabstand der Saturnbahn zu zeichnen sein

weit wir es nach unseren bisherigen Untersuchungen überschauen können. Die vorstehende Abb. 3 soll uns dabei behilflich sein. Sie ist in richtigem Maßstabe gezeichnet und veranschaulicht zugleich die Zeiten, welche die Planeten im Vergleich zueinander gebrauchen, um ihren Umlauf zu vollenden.

Im Zentrum des ganzen Systems ruht die Sonne, und um sie kreisen in der durch die Zeichnung angegebenen Reihenfolge die Planeten. Die Bahnen der vier sonnennächsten Planeten Merkur bis Mars sind vollständig gezeichnet, die der anderen nur so weit, als es der verfügbare Raum zuließ, jedoch immer mit besonderer Markierung des Bahnstückes, das der Planet während der Zeit zurücklegt, in der Merkur einen ganzen Umlauf vollendet.

Die Bahnen aller dieser Planeten liegen nahezu in ein und derselben Ebene[1]); wollte man ein kleines Modell des ganzen Systems verpacken, ohne es auseinanderzunehmen, so genügt dazu eine ganz flache, runde Schachtel. Und die räumliche Lage dieser Ebene ist am Himmel zufälligerweise durch eine Reihe von Sternbildern gekennzeichnet, die wir schon früher unter dem Namen des Tierkreises kennengelernt haben. Nun verstehen wir auch, weshalb wir die Planeten wie auch die Sonne immer nur in Richtung eines dieser Sternbilder beobachten, es ist dies eben die Richtung der gemeinsamen Ebene, in der Sonne und Planeten, einschließlich der Erde selbst, ihre Bahnen beschreiben. Wenn wir sagen, dieser oder jener Planet stehe im Sternbilde des Schützen oder des Stieres, so dürfen wir dabei natürlich nicht vergessen, daß dies nur eine Richtungsangabe ist, in Wirklichkeit sind die Sterne, welche die Gruppe des Schützen bilden, wie wir ja wissen, unendlich viel weiter entfernt, als der Planet.

Es war früher gesagt worden, daß die Entfernungen der einzelnen Planeten von der Erde innerhalb gewisser Grenzen schwanken. Daß dies so sein muß, wird aus der Betrachtung des ganzen Systems ohne weiteres klar; denn jeder Planet beschreibt für sich seine Bahn, wobei er den anderen bald näher, bald ferner ist. Man denke nur an die beiden äußersten Fälle, daß zwei Planeten, z. B. Erde und Mars, von der Sonne aus gesehen in derselben und in entgegengesetzter Richtung stehen. Dies beeinflußt natürlich die Helligkeit, in der die Pla-

[1]) Natürlich ist hier nicht eine stoffliche Ebene gemeint, wie sie etwa eine Glasplatte darstellt, sondern eine gedachte.

neten uns erscheinen, denn ein Licht leuchtet stets um so schwächer, je weiter es entfernt ist.

In der folgenden Zusammenstellung geben wir nun, wie versprochen, die wahren Entfernungen im Sonnensystem und die ebenfalls in Kilometern ausgedrückten Durchmesser der Sonne und der Planeten. Die in der zweiten Reihe angegebene halbe große Achse der Bahn entspricht der mittleren Entfernung des Planeten von der Sonne. Die wahre Entfernung ist, da die Sonne ja nicht im Mittelpunkte, sondern in einem Brennpunkte der Ellipse steht, bald etwas größer, bald etwas kleiner.

Name	Halbe große Achse der Bahn	Durchmesser
Merkur	58 Mill. km	4700 Mill. km
Venus	108 „ „	12300 „ „
Erde	149 „ „	12756 „ „
Mars	228 „ „	6900 „ „
Jupiter	778 „ „	142000 „ „
Saturn	1428 „ „	120000 „ „
Uranus	2873 „ „	50700 „ „
Neptun	4501 „ „	54400 „ „
Sonne	—	1391000 „ „

Der Übersichtlichkeit wegen wollen wir uns nun noch ein Sonnensystem im kleinen machen und dabei zugleich die Größe der Sonne und der Planeten wie deren Entfernung voneinander in solchen Verhältnissen darstellen, wie sie für unsere Sinne am leichtesten faßlich sein werden.

Denken wir uns also eine Kugel von $^2/_3$ m Durchmesser, die die Sonne vorstellen soll. Eine Kugel von dieser Größe ist, in der Nähe betrachtet, schon recht ansehnlich; ihr Umfang ist etwa dem eines Vorderrades einer Droschke gleich; eine solche Kugel vermag schon ein Mensch nicht zu umspannen. Dies also soll die Sonne vorstellen.

Wir groß müssen wir den Merkur, den nächsten Planeten, machen, um ein richtiges Verhältnis herauszubekommen? Eine einfache Rechnung zeigt, daß wir unter diesen Umständen den Merkur nur wenig größer als eine Schrotkugel nehmen dürfen.

Wo aber müssen wir die Schrotkugel hinlegen, um unser kleines Sonnensystem dem wirklichen nach Verhältnis ähnlich zu machen? Wir müssen zu diesem Zweck etwa 27 m abmessen, und in solcher Entfernung von der größeren Kugel legen wir das Schrotkügelchen hin.

Wollen wir nun auch den zweiten Planeten, Venus, an der passenden Stelle anbringen, so müssen wir zu seiner Darstellung schon eine ziemlich große Erbse wählen, und wenn wir diese in einer Entfernung von 51 m von der Kugel hinlegen, so wird dies unserem Modell ungefähr entsprechen.

So groß wir Menschen uns auch dünken, so klein sind wir gegen die Erdkugel, und dennoch dürfen wir für unser Modell nur eine zweite Erbse wählen, um sie die Erde vorstellen zu lassen. Legen wir diese Erbse in eine Entfernung von 72 m von der Kugel, so wird sie an dieser Stelle unserem Zweck entsprechen.

Für den Planeten Mars können wir nur ein Kügelchen von halb so großem Durchmesser wie eine Erbse gebrauchen.

Jetzt müssen wir uns für den größten Planeten, den Jupiter, eine passende Kugel suchen; sie ist gegen die anderen schon sehr beträchtlich; im Verhältnis zu unserem Modell jedoch können wir für Jupiter höchstens einen Pfirsich brauchen, und diesen müssen wir schon etwa 370 m weit tragen, um ihm dort seinen Platz anzuweisen.

Für Saturn wird eine Billardkugel ungefähr passen, und mit ihr können wir uns 680 m weit begeben, um sie daselbst niederzulegen.

Für Uranus nehmen wir eine recht große Kirsche, und für Neptun eine noch etwas größere Kugel, der wir 2 km von der Sonnenkugel entfernt einen Platz ausfindig machen.

Zum Schluß sei dem Leser noch verraten, daß wir in diesem Modell den nächsten Fixstern in rund 18 000 km Entfernung anzubringen hätten.

Wir sind jetzt mit den Vorstudien für unsere Weltreise beinahe fertig; nur in der nächsten Nachbarschaft der Erde müssen wir uns noch ein wenig umsehen, und was wir dabei entdecken, wird das nächste Kapitel erzählen.

*

3. Der Doppelstern Erde-Mond

Rund 365 mal dreht sich die Erde um ihre eigene Achse während der Zeit, in der sie einmal ihre weite Bahn um die Sonne durchläuft. Da eine einmalige vollständige Achsendrehung nahezu 24 Stunden oder einen Tag dauert, so können wir sagen, die Erde braucht zu ihrem Lauf um die Sonne 365 Tage, und diesen Zeitraum nennen wir das Jahr. Dabei muß sich die Erde aber schon sehr beeilen, und so jagt sie mit der unheimlichen Geschwindigkeit von 30 km in der Sekunde auf ihrer Bahn dahin, indem sie sich gleichzeitig unermüdlich um ihre Achse dreht.

Indessen braucht die Erde den weiten Weg nicht einsam und allein zurückzulegen, vielmehr wird sie in ihrem Lauf um die Sonne von einem Himmelskörper begleitet, der scheinbar so groß ist wie die Sonne selber. Dies ist der Mond. Allein seine scheinbare Größe wird nur durch seine verhältnismäßige Nähe vorgetäuscht. Er ist 384 000 km von der Erde entfernt, dieser also fast 400 mal näher als die Sonne. Sein Durchmesser beträgt in Wirklichkeit nur 3480 km. Mit den Dimensionen der Sonne verglichen, erscheint das allerdings recht unbedeutend; es ist sogar wenig mehr als ein Viertel des Erddurchmessers; immerhin haben wir es doch mit einer ganz ansehnlichen Weltkugel zu tun, die uns da in so „nachbarlicher" Entfernung begleitet. Denn was sind die wenigen hunderttausend Kilometer gegenüber den vielen Millionen, die uns selbst von dem nächsten Planeten noch trennen! Der Mond wird denn auch die erste Station unserer demnächstigen Reise sein; und damit wir nicht schon im Anfang einen falschen Weg nehmen, wollen wir uns mit seinen Bewegungsverhältnissen möglichst vertraut machen.

Der Mond ist gleich den Planeten kein selbstleuchtender Körper, sondern empfängt, wie sie, sein Licht von der Sonne. Nur so lassen sich auch die wechselnden „Phasen" erklären, die er immer wieder von neuem durchmacht. Ein glühender Körper, der aus sich selbst leuchtet, könnte niemals auf der einen Hälfte dunkel, auf der anderen

hell erscheinen, wie es beim Monde im ersten oder letzten Viertel der Fall ist. — Wie kommt denn nun überhaupt der Kreislauf dieser verschiedenen Lichtgestalten zustande? Das wird uns bald klar, wenn wir einmal die Bahn des Erdbegleiters näher betrachten.

Der Mond bewegt sich nämlich in einer Ellipse um die Erde und gebraucht zu einem vollen Umlauf, wenn man sich die Erde inzwischen stillstehend denkt, rund 27 Tage. Allein er ist auch zugleich der Begleiter der Erde, er läuft mit der Erde um die Sonne; und da während der 27 Tage die Erde in ihrer Bahn um die Sonne ein Stück weitergegangen ist, so dauert es länger als 27 Tage, ehe der Mond wieder dieselbe Stellung zur Erde und zur Sonne einnimmt, die er vorher eingenommen hatte. Er muß gewissermaßen in jedem Augenblick der Erde in ihrer Bahn nachlaufen, wodurch seine Umlaufszeit um mehr als zwei Tage verlängert wird, so daß er erst in 29½ Tagen dieselbe Stellung zur Erde und Sonne einnimmt, die er vor seinem letzten Umlauf eingenommen hatte.

Man kann sich hiervon eine richtige Vorstellung machen, wenn man sich denkt, daß eine Lokomotive, die im Fahren begriffen ist, von einem schnell fliegenden Vogel umkreist wird. Der Vogel wird offenbar weit mehr Zeit brauchen, um die Lokomotive herumzukommen, wenn diese sehr schnell fährt, als wenn sie langsam fährt oder gar still steht. Denn so oft er hinten an der Lokomotive ist, muß er nicht nur das Stück von dort nach dem Vorderteil fliegen, sondern da die Lokomotive im Fahren begriffen ist, hat er außerdem noch einen besonderen Flug zu machen, der gleich dem Lauf der Lokomotive ist.

Der Leser möge nun unsere Abb. 4 betrachten, in der ein einzelner Umlauf des Mondes dargestellt ist. Von der einen Seite kommen die Strahlen der fernen Sonne; das Papierblatt soll die Ebene der Erdbahn bedeuten. Nun ist allerdings die Mondbahn ein wenig gegen diese Ebene geneigt; streng genommen müßten wir sie etwa durch einen Drahtring darstellen, der das Papierblatt durchdringt und zur einen Hälfte ein wenig darüber hinausragt, zur anderen darunter liegt. Die beiden einander gegenüberliegenden Stellen des Drahtringes, an denen dieser das Papierblatt durchstößt, heißen die Knoten der Bahn. Nur wenn der Mond in einem der beiden Knoten steht, befindet er sich auch genau in der Ebene der Erdbahn.

Betrachten wir nun die Stellung I des Mondes! Der Trabant steht zwischen Erde und Sonne, die uns zugewandte Seite ist für

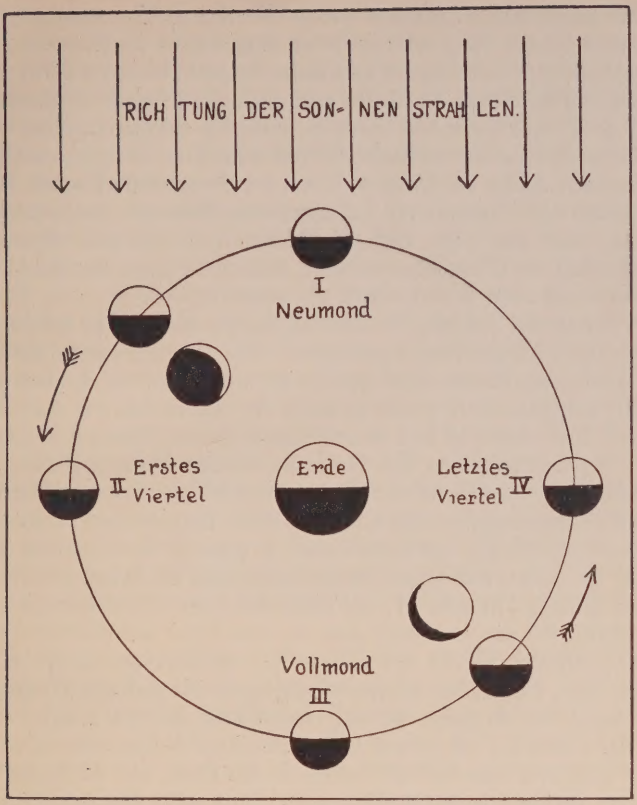


Abb. 4. Bahn des Mondes um die Erde
Für zwei Stellungen des Mondes zwischen den Hauptphasen ist durch besondere Figuren angedeutet, wieviel von seiner Scheibe dem irdischen Beobachter hell erscheint

das Sonnenlicht unerreichbar und deshalb in Dunkel gehüllt. In dieser Stellung sehen wir den Mond überhaupt nicht, und im Kalender finden wir die Bemerkung: Neumond. Eine Woche später hat der Mond ein Viertel seiner Bahn zurückgelegt und die Stellung II erreicht; wir sagen, er befinde sich im ersten Viertel. Jetzt ist von der

uns zugewandten Halbkugel gerade die eine Hälfte beleuchtet, die andere dunkel. Nach weiteren sieben Tagen steht der Mond in entgegengesetzter Richtung wie die Sonne. Er geht abends im Osten auf, während die Sonne im Westen untergeht, und morgens verschwindet er im Westen unter dem Horizont, wenn die Sonne im Osten auftaucht. Wir haben nun Vollmond (Stellung III). Die ganze uns zugewandte Hälfte des Mondes ist von der Sonne vollbeleuchtet. Nun beginnt das Stadium des „abnehmenden Mondes", das auf dem Wege über das „letzte Viertel" (Stellung IV) schließlich wieder in die Phase des Neumondes ausläuft, worauf der ganze Kreislauf, der somit rund einen Monat dauert, von neuem beginnt.

Infolge der Neigung der Mondbahn gegen die Erdbahn durchläuft der Mond die Stellung I gewöhnlich etwas ober- oder unterhalb der Richtung zur Sonne. Was geschieht aber, wenn sich der Trabant zur Zeit des Neumondes gerade in einem der Knoten seiner Bahn befindet? Dann stehen die drei Himmelskörper Sonne, Mond, Erde genau in derselben Richtung, und für einen irdischen Beobachter wird die Sonne durch den Mond verdeckt; mit anderen Worten: es ereignet sich eine Sonnenfinsternis. Durchläuft der Mond dagegen einen der Knoten gerade um die Zeit des Vollmondes, so steht die Erde zwischen ihm und der Sonne und blendet deren Lichtstrahlen ab, so daß der Mond eine Zeitlang beschattet ist; wir haben dann eine Mondfinsternis. —

Dreht sich nun der Mond auch um seine Achse, wie wir es bei der Erde gefunden haben? Ja, aber in sehr merkwürdiger Weise. Eine einmalige, vollständige Achsendrehung dauert bei ihm nämlich genau so lange, wie ein ganzer Umlauf um die Erde, also $29\frac{1}{2}$ Tage. Die Folge davon ist, daß er uns immer dieselbe Seite zuwendet. Damit der Leser dies recht verstehe, möchte ich ihn bitten, mir im Geiste bei einem kleinen Experiment zuzuschauen. In meinem Zimmer steht ein runder Tisch, mitten darauf eine Vase. Ich gehe nun mit seitlich gerichteten Schritten einmal um diesen Tisch herum, das Gesicht also immer der Vase zugewendet. Dann bekomme ich nach und nach alle vier Wände des Zimmers zu sehen, habe mich also sicher um mich selbst gedreht, trotzdem aber das Gesicht immer zu der Vase hingerichtet und sie dabei einmal umschritten. Überläßt der Verfasser jetzt die Rolle, die er bei dem Experiment gespielt hat, dem Monde, und denken wir uns ferner an Stelle der Vase die Erde gesetzt, so gelingt es uns leicht, die gewonnene Einsicht auf die Wirklichkeit zu übertragen.

Wir haben bisher den Mondlauf betrachtet, wie er sich dem irdischen Beobachter darbietet, und fügen dem noch hinzu, daß der Mond auf seiner Bahn um die Erde mit einer Geschwindigkeit von rund 1 km in der Sekunde dahineilt. Das ist, wohlbemerkt, seine Geschwindigkeit in bezug auf die Erde; für einen Beobachter auf der Sonne kommt dazu noch die Geschwindigkeit der Erde selbst, die er ja auf ihrer Bahn begleitet.

Stellen wir uns überhaupt einmal die Frage, wie denn die wahre Bahn des Mondes eigentlich aussieht; denn diese setzt sich ja aus zwei verschiedenen Bewegungen zusammen, nämlich der Bewegung des Mondes um die Erde und mit der Erde um die Sonne. Wir wollen zu diesem Zweck noch einmal auf unser früheres Beispiel zurückgreifen, in welchem die Erde durch eine fahrende Lokomotive, der Mond durch einen sie umfliegenden Vogel veranschaulicht war. Denken wir uns, der Vogel befindet sich jetzt vorne vor dem Schornstein, und will nun nach dem hinteren Ende der Lokomotive, so ist es klar, daß er sich gar nicht anzustrengen braucht. Er wird nur ein wenig zur Seite fliegen und die Lokomotive an sich vorbeieilen lassen, wodurch er ganz von selber an ihr hinteres Ende gelangt. Jetzt freilich muß er sich beeilen. Er muß von der einen Seite schnell hinüberfliegen zur anderen und dabei zugleich der Lokomotive nacheilen, ja ihr voranjagen, um wieder vor den Schornstein zu kommen und seinen Rundflug zu vollenden.

Stellen wir uns nun den Lokomotivführer vor, der den Vogel beobachtet: er wird in dem Flug des Vogels einen wirklichen, länglichen Kreis sehen, denn er hat ihn von der einen Seite nach hinten und dann von der anderen nach vorn fliegen, also in bezug auf seinen Standpunkt einen länglichen Kreis machen sehen. Dahingegen wird jemand, der nicht auf der Lokomotive, sondern ruhig neben der Bahn steht, den Flug des Vogels ganz anders sehen. Denn er wird bemerken, daß dieser eigentlich niemals zurückgeflogen sei, sondern nur die Lokomotive auf der einen Seite an sich vorübereilen ließ und auf der anderen Seite der Lokomotive voranzueilen suchte. —

In ganz ähnlicher Weise verhält es sich mit dem Umlauf des Mondes um die Erde, während sich die Erde um die Sonne bewegt. Von irgendeinem Punkte des Weltraumes aus betrachtet, sieht man die Bahn des Mondes nicht als geschlossenen Kreis um die Erde, sondern als eine sehr kreisähnliche Ellipse um die Sonne, die abwechselnd

innerhalb und außerhalb der Erdbahn verläuft. Bei I (Neumond) (vgl. unsere Abb. 5) eilt der Mond in bezug auf die Erde mit 1 km Geschwindigkeit nach links, diese reißt ihn aber mit dreißigfacher Geschwindigkeit mit sich nach rechts, so daß als wahre Geschwindigkeit 30—1 = 29 km herauskommen. Der Mond bleibt also jetzt hinter der Erde zurück, bis diese nach 2 gelangt ist. Hier hat er die Stellung II (erstes Viertel) erreicht, und nun fängt er an, der Erde vorauszueilen. Seine eigene Geschwindigkeit von 1 km in der Sekunde addiert sich jetzt zu derjenigen der Erde, und so läuft er mit 31 km in der Sekunde über III (Vollmond) nach IV (letztes Viertel), wo er der Erde am weitesten voraus ist. Nun läßt er diese wieder

Abb. 5. Wahre Mondbahn im Laufe eines Monates
In richtigem Maßstabe gezeichnet, würde sich die Bahn des Mondes der Erdbahn noch viel enger anschmiegen

an sich vorbeieilen; er bleibt hinter ihr zurück und kommt so nach V, wo das Spiel dann von neuem beginnt. Dem irdischen Beobachter aber scheint es, als habe der Mond einen geschlossenen Kreis um die Erde beschrieben. — —

Jetzt müssen wir noch einen letzten Schritt tun in der Erkenntnis des eigentümlichen Verhältnisses, in welchem Erde und Mond zueinanderstehen.

Es ist uns seit den Zeiten, wo Newtons Lehre von der Anziehungskraft der Himmelskörper näher entwickelt worden, bekannt, daß genau genommen nicht der Mond sich um die Erde bewege und nicht die Erde um die Sonne, sondern daß Erde und Mond ein zusammengehöriges Paar bilden, deren gemeinschaftlicher Schwerpunkt in einem Jahre um die Sonne wandert, während Mond und Erde in jedem Monat einen Umlauf um diesen ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt machen.

Um sich ein Bild von diesem Zustande zu verschaffen, wollen wir uns denken, daß jemand eine große und eine kleine Kugel durch einen langen Faden miteinander verbindet und beide Kugeln mit starker Kraft fortschleudert. Die kleine Kugel wird sich infolge der schleudernden Kraft viel schneller fortbewegen wollen als die große, da sie aber durch den Faden an die große Kugel befestigt ist, wird sie genötigt sein den langsameren Flug ihrer größeren Genossin mitzumachen, dafür aber wird sie noch eine zweite Bewegung vollführen und ihre größere Flugkraft durch einen Umlauf um die große Kugel befriedigen. Wer ein solches Kugelpaar durch die Luft dahinfliegen sieht, der wird auch bemerken, daß beide Kugeln während ihres Fluges stets von der Erde angezogen werden, auf welche sie dann auch endlich niederfallen. Man wird also eigentlich nicht sagen können, daß die große Kugel ihren Flug mache und von der kleinen, die um sie kreist, begleitet werde, sondern man wird mit Recht beider Flug als einen gemeinsamen betrachten müssen.

Bei noch genauerer Beobachtung wird sich's aber ergeben, daß es mit dem Flug beider Kugeln noch eine andere Bewandtnis habe. Sind nämlich die beiden Kugeln nicht sehr verschieden an Größe, oder eigentlich an Schwere, so wird man sofort sehen, daß sie während ihres Fluges beide umeinander Kreise beschreiben, oder richtiger, daß sie beide einen Umschwung um einen Punkt nahe in der Mitte des Fadens machen, der sie verbindet. Dieser Punkt ist eben der gemeinsame Schwerpunkt beider Kugeln, denn wenn man statt des Fadens eine feste Stange nimmt und diesen Punkt der Stange wie den Balken einer Wagschale unterstützt, so werden sich beide Kugeln das Gleichgewicht halten. Ist eine der Kugeln zweimal so schwer als die andere, so wird der gemeinsame Schwerpunkt nicht in der Mitte des Fadens oder der Stange, sondern zweimal so weit ab von der leichteren Kugel liegen als von der schwereren. Je leichter die eine Kugel gegen die andere ist, desto näher wird der gemeinsame Schwerpunkt zu der anderen, der schwereren Kugel, hinrücken. Und dieser gemeinsame Schwerpunkt wird auch der Drehpunkt sein, um welchen beide Kugeln in ihrem Fluge einen Kreis beschreiben. Dieser gemeinsame Schwerpunkt wird es eben sein, der infolge der Schleuderkraft seine regelrechte Bahn durch die Luft macht, während beide Kugeln um diesen Punkt herum noch einen besonderen Umlauf machen.

Da nun der gemeinsame Schwerpunkt stets der größeren Kugel

näher liegt als der kleineren, so versteht es sich von selbst, daß die kleinere oder richtiger leichtere Kugel einen größeren Kreis um den Schwerpunkt zu machen hat, als die andere. Ja, es kann, wenn die eine Kugel sehr groß und schwer und die andere sehr klein und leicht ist, kommen, daß der gemeinsame Schwerpunkt gar innerhalb der großen Kugel liegt, so daß die große Kugel einen ganz unmerklichen Kreis um diesen Punkt beschreibt, während die kleinere Kugel, allem Anscheine nach, um die große herumfliegt. In Wahrheit aber ist dies nur ein Schein. Theorie und Praxis lehren und beweisen es unter all solchen Umständen, daß der gemeinsame Schwerpunkt der eigentliche Punkt sei, der die richtige Bahn innehält, während der schwere wie der leichte Körper um diesen Punkt einen besonderen Umschwung machen.

Ganz dasselbe, was wir hier von den zwei Kugeln gesagt haben, die man in die Luft schleudert, gilt aber auch von den zwei Himmelskörpern, Erde und Mond, die, von gemeinsamer Kraft getrieben, ihren Umlauf um die Sonne machen. Es ist in Wirklichkeit nicht die Erde, die um die Sonne ihren Jahresumlauf macht, und auf diesem Wege von dem um sie herumeilenden Monde begleitet wird, sondern Erde und Mond machen wie zwei geschleuderte Kugeln diese Reise gemeinschaftlich. Ihre gegenseitige Anziehungskraft ist der unsichtbare Faden, der sie verbindet. Auf dieser Verbindungslinie ist es in Wahrheit nur der gemeinsame Schwerpunkt der Erd- und der Mondkugel, welcher regelrecht seinen Weg um die Sonne macht. Und um diesen Schwerpunkt — der freilich noch innerhalb der Erdkugel liegt, weil diese viel schwerer ist als die Mondkugel, — macht sowohl die Erde wie der Mond einen monatlichen Umlauf; die schwerere Erde in ganz unmerklicher Weise und der leichtere Mond so merklich, als ob er wirklich um die Erde selber herumginge.

Jetzt erst verstehen wir ganz, was die Überschrift dieses Kapitels bedeutet: Erde-Mond, ein seltsames Doppelgestirn, zusammengehalten durch das unzerreißbare Band der Schwerkraft.

Und nun Schluß mit den Vorbereitungen! An diesen drei Kapiteln haben wir einen Reiseführer, der für unsere Zwecke vollkommen ausreicht. Die Fahrt kann beginnen.

*

4. Auf der Fahrt zum Monde

Wir sind jetzt zwar reisefertig, aber noch stehen wir vor der wichtigen Frage, welches Beförderungsmittel wir wählen sollen. Seine Geschwindigkeit muß sich nach Belieben steigern lassen, so daß es uns auf ein paar hundert Millionen Kilometer mehr oder weniger gar nicht ankommt; natürlich darf es nicht an Geleise oder feste Straßen gebunden sein, auch nicht an irgendeinen Betriebsstoff, denn der könnte uns unterwegs ausgehen.

Wie wäre es, wenn wir uns einer der elektrischen Wellen anvertrauten, die von unseren Radiogroßstationen täglich und stündlich zu Millionen in den Raum hinausgesandt werden? Ganz schön! Aber es hätte doch seine Nachteile. Zunächst wissen wir nicht, wie weit wir damit kommen; denn es ist noch sehr die Frage, ob die Energie, die den Radiowellen mitgegeben wird, auch nur bis zum Monde reicht. Aber selbst, wenn dieses Bedenken wegfiele, so bestünde noch das andere, daß wir unsere Fahrtgeschwindigkeit nicht regulieren könnten. Die elektrische Welle würde uns in wenig mehr als einer Sekunde zum Monde tragen, und wir hätten keine Zeit, uns unterwegs gründlich umzusehen.

Deshalb möchte ich ein anderes Hilfsmittel vorschlagen, eins, das wir völlig in der Gewalt haben, das wir nach Gutdünken beschleunigen, verzögern und anhalten, dem wir, unabhängig von allen Hindernissen, die den Lichtstrahl oder die Radiowelle aufhalten, jede beliebige Richtung geben können. — Das Fahrzeug, das ich im Sinne habe, ist der Gedanke. Auf den Flügeln des Gedankens soll unsere Reise vonstatten gehen. Möge sie für alle Teilnehmer recht angenehm und genußreich werden!

Unser erstes Ziel wird also der Mond sein; zunächst jedoch wollen wir etliche tausend Kilometer von der Erde entfernt ein wenig Halt machen und einmal schauen, wie sich unser Planet von dort ausnimmt.

Ah! Da sehen wir richtig die Erde!

Sie ist wirklich eine Kugel und dreht sich so, daß der Punkt, von wo wir abgereist sind, schon nicht mehr unter uns liegt. Er hat sich fortgewendet nach der Richtung, die man da unten Osten nennt. Aber welch prächtigen Anblick bietet uns die Erde! Rötlichgelb, stellenweise infolge der Vegetation ins Grünliche spielend, heben sich die vertrauten Formen der Kontinente von den dunklen Flächen der großen Weltmeere ab. Riesige Wolkenbänke, weißglänzend im Sonnenlicht, und durch die Wirkung der Erdrotation in lange Streifen auseinandergezogen, schwimmen im Luftmeer und bedecken Festländer und Ozeane auf weite Strecken hin. Dort, in dem hellen runden Fleck, nördlich vom Atlantischen Ozean, erkennen wir die schnee- und eisbedeckte Umgebung des Nordpols; ihm gegenüber kommt eben das Südpolargebiet am Rande hervor. Eigentlich ist ungeheuer viel Wasser und nur wenig Land auf der Erde. Das tritt uns jetzt, da wir eine ganze Halbkugel auf einmal überblicken können, besonders deutlich vor Augen. Das, was wir Festland zu nennen pflegen, sind ja nur Inseln im Weltmeer.

Stets ist eine Hälfte der Erde von der Sonne beleuchtet; aber wir stehen auf unserer Raumstation glücklicherweise so, daß wir auch noch ein Stück unbeleuchteter Erde erblicken. Seht doch den farbenprächtigen Dämmerungssaum, der den lichten von dem dunklen Teil der Erde abgrenzt! Auch der dunkle Teil ist nicht völlig finster und unsichtbar, denn die durchleuchtete Luft senkt milde, matte, aber doch wirksame Sonnenstrahlen nieder zur Erde. Und da wir gerade das letzte Viertel des Mondes haben, kommt noch hinzu, daß ein großes Stück der Mondscheibe von der Sonne beleuchtet ist, und somit der dunkle Teil der Erde durch den bleichen Schein ihres Trabanten ein wenig aufgehellt wird.

Aber nun ist es Zeit, unsere Reise fortzusetzen! An Unterhaltung fehlt es dabei nicht; denn wir brauchen nur bald vorwärts, bald rückwärts zu blicken, und wir sehen dann mit jedem Tausend von Kilometern, das wir hinter uns bekommen, wie die Erde immer kleiner und der Mond immer größer und größer erscheint. Je weiter wir uns von unserem Planeten entfernen, desto mehr nimmt er das Aussehen eines Gestirnes an, freilich eines sehr großen Gestirnes, das selbst auf halbem Wege zum Monde fast als eine zehnmal so große Kugel erscheint, wie uns hier die Sonne.

Und nun wollen wir — natürlich auch nur im Reich des Gedankens — rasch einen kleinen Versuch machen, der uns zugleich Unterhaltung und Belehrung bieten wird. Jemand von unserer Reisegesellschaft mag einmal einen Gegenstand, etwa seine Uhr oder sein Taschenmesser „zur Erde" fallen lassen. Er braucht gar nicht besorgt zu sein, den Gegenstand zu verlieren, auch wenn er nicht die Geschicklichkeit besitzt, ihn während des Fallens wiederzuhaschen. Weshalb fallen denn überhaupt die Körper? Weil die Anziehungskraft der Erde sie zieht, wird mir zur Antwort. Ganz recht! Nun befinden wir uns jetzt aber so weit ab von der Erde, daß ihre Anziehungskraft, die immer so wirkt, als ob sie sich genau im Mittelpunkte des Himmelskörpers — hier also der Erde — befände, schon bedeutend geschwächt ist. Wir sind auf halbem Wege 192 000 km vom Mittelpunkt der Erde entfernt, das ist ungefähr dreißigmal entfernter von diesem Mittelpunkt, als wir es auf der Oberfläche der Erde waren. In der dreißigfachen Entfernung ist aber die Anziehungskraft der Erde nicht bloß dreißigmal schwächer geworden, sondern — und das ist die große Entdeckung Newtons — die Anziehung ist um 30×30, d. h. um 900mal geringer. Fallen auf der Erde die Gegenstände in der ersten Sekunde 10 m, so fallen sie hier, wie uns der Versuch zeigt, in derselben Zeit 900mal weniger, also nicht viel mehr als ein Zentimeter. Wir dürfen es daher getrost wagen, selbst die kostbarsten Dinge fortzuwerfen; sie werden sanft um uns her schweben und sich aufs leichteste wieder einfangen lassen.

Nun hat aber, wie wir schon wissen, auch der Mond eine Anziehungskraft. Auf der Erde, 380 000 km vom Monde entfernt, merkt man nicht viel von dieser Anziehungskraft des Mondes; immerhin ist sie imstande, durch Aufstauung des Wassers eine Erscheinung zu bewirken, die wir als Ebbe und Flut bezeichnen. Hier aber, auf halbem Wege zwischen Erde und Mond, ist es schon ein wenig anders, und mittels geeigneter Instrumente würden wir die Anziehung des Mondes recht augenfällig nachweisen können.

Aber es kommt noch anders. Wir sind nämlich inzwischen an eine Stelle gelangt, wo die Erde so klein und der Mond so groß geworden ist, daß sie uns beide in gleicher Größe erscheinen, und gar nicht weit von dieser Stelle liegt ein Punkt, den wir wohl als den merkwürdigsten der ganzen Strecke bezeichnen dürfen. Es ist nämlich der Punkt, wo die Erdanziehung und die Mondanziehung gleich groß sind. Dieser

Punkt liegt dem Mond schon sehr nahe; nur noch einige Tausend Kilometer trennen uns von der Oberfläche des Erdbegleiters.

Der nahe Mond ist hier in der Anziehung genau ebenso stark wie die entfernte Erde; von einem „Fallen" der Körper bemerken wir deshalb an dieser Stelle nichts. Was wir auch hier hinlegen, bleibt ruhig und unbeweglich stehen oder hängen oder schweben oder liegen, wie man das nennen will. Die Erde zieht es hin, der Mond zieht es mit gleicher Kraft her, und so rührt es sich nicht vom Fleck.

Indessen, so merkwürdig das ist, wir dürfen uns nicht länger aufhalten, wenn wir unserer Reise in der vorgesehenen Zeit vollenden wollen. Zudem sind wir dem Monde, unserem vorläufigen Ziele, schon so nahe, daß wir daran denken müssen, zur Orientierung ein wenig Umschau auf seiner Oberfläche zu halten. Jetzt bemerken wir übrigens auch, daß sich, ehe wir uns dessen versahen, oben und unten vertauscht haben; über uns steht jetzt die leuchtende Scheibe der Erde, unter uns kommt mit jedem Kilometer, den wir zurücklegen, die Mondoberfläche näher heran.

Wir sehen den Mond jetzt ungefähr so, wie er von der Erde aus in einem starken Fernrohr erscheint. Gerade unter uns verläuft die Grenze zwischen dem beleuchteten und dem unbeleuchteten Teil der Mondscheibe; sie ist aber nicht, wie bei der Erde, durch einen breiten Dämmerungssaum markiert, sondern hart und unvermittelt grenzen blendende Helligkeit und tiefe Nacht aneinander. Wie wir bald sehen werden, hat dies einen sehr bedeutsamen Grund, der zugleich für die Frage, ob Leben auf dem Monde möglich sei, entscheidend ist.

Wenden wir uns jetzt den Einzelheiten zu, so bemerken wir zunächst mehrere zusammenhängende dunkle Flächen, die einen großen Teil der uns sichtbaren Mondoberfläche bedecken. Unwillkürlich werfen wir einen Blick zur Erdkugel hinauf, die auch solche dunkle Flächen zeigt, in denen wir schon vorhin die großen Ozeane wiedererkannten. Sollten wir es hier auf dem Monde auch mit Meeren zu tun haben? In früheren Zeiten war man fest davon überzeugt und gab diesen Flächen auch entsprechende Namen. So heißt das Stück, das wie eine große Bucht in die helleren Partien einschneidet (Abb. 6 oben), das Regenmeer (lateinisch: mare imbrium); daran schließt sich nach Süden das Meer der Stürme (oceanus procellarum) und weiterhin als etwas kleinere Bucht das Wolkenmeer (mare nubium). Die übrigen, insbesondere auch das charakteristische ovale Krisenmeer

(mare crisium) liegen bei den im Augenblick herrschenden Beleuchtungsverhältnissen im Dunkeln. — Stellen nun diese „Meere" tatsächlich große Wasserflächen dar? Die Astronomen sind darüber heute

Abb. 6. Mond im letzten Viertel

anderer Ansicht; doch lassen wir die Frage bis zu unserer Ankunft auf dem Monde ruhen.

Fast noch mehr als die dunklen Flächen lenkt eine kleinere, überaus häufige Geländeform den Blick auf sich. Es sind jene rundlichen Einsenkungen, die von einem gebirgigen Wall umgeben sind und sich in den verschiedensten Größen besonders zahlreich auf der Südseite in

der Gegend der Schattengrenze zusammendrängen. In den größeren dieser Gebilde, den sogenannten Ringgebirgen, bemerken wir vielfach eine einzelne Bergspitze, die genau im Zentrum des Ringwalles auf-

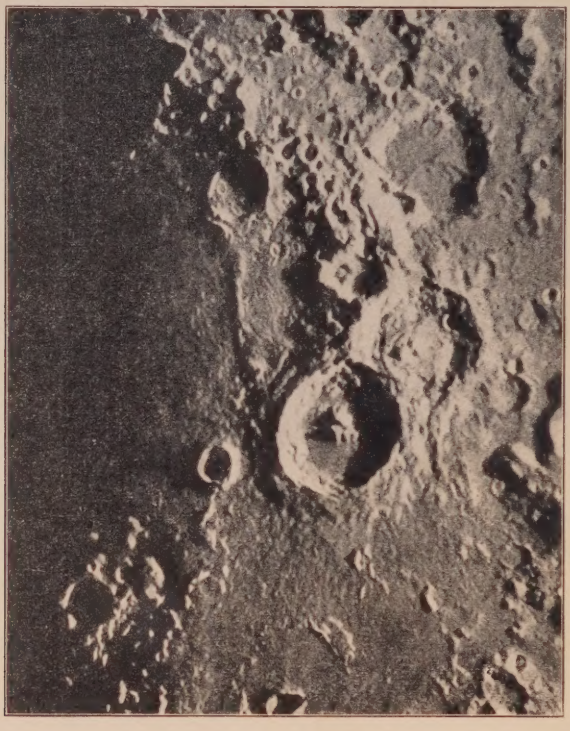


Abb. 7. Krater Theophilus

ragt und deshalb Zentralberg genannt wird. (Abb. 7). Mit den kleineren Formen, denen man wegen ihrer Ähnlichkeit mit vulkanischen Bildungen auf der Erde die Bezeichnung „Krater" gegeben hat, erscheint der Mondboden, wie wir beim Näherkommen allmählich erkennen, stellenweise geradezu übersät.

Welch prächtiges Bild bietet sich längs der Schattengrenze! Hun-

derte von Lichtpunkten blitzen in der Finsternis auf; es sind die Spitzen der Berge, denen die untergehende Sonne ihre letzten Strahlen zusendet, während die Täler schon in das Dunkel der Mondnacht getaucht sind.

Und schau dort das große Ringgebirge, das in blendender Lichtfülle aus der weiten Fläche des „Meeres der Stürme" emporragt! Es ist der „Kopernikus"; so haben ihn die Astronomen zu Ehren eines ihrer Großen getauft. Was mögen wohl jene hellen Streifen bedeuten, die nach allen Seiten strahlenförmig von ihm ausgehen und sich Hunderte von Kilometern weit hinziehen?

Doch später mehr davon! Die Mondoberfläche scheint uns jetzt förmlich entgegenzufliegen; schon können wir die ganze Scheibe nicht mehr übersehen. Immer kleiner wird unser Gesichtskreis, immer näher rückt uns das Gewirre der tausend Krater. — Und jetzt das Gedankenraumschiff scharf angebremst!

Wir sind am Ziel!

*

5. Eine tote Welt

Eine Gebirgslandschaft in seltsamen, fast unheimlich wirkenden Formen. Kein Baum, kein Strauch, kein Blättchen Grünes, soweit wir blicken können; der öde, steinige Boden übersät mit Geröll und kreisrunden Kratergruben. Mit unerhörter Kraft sendet uns die schon tiefstehende Sonne ihre Glutstrahlen zu. Ein samtschwarzer Himmel spannt sich über uns aus, geschmückt mit Myriaden von Sternen; aber sie funkeln und glitzern nicht, wie in den Nächten daheim auf der Erde; ganz still leuchten sie, doch mit einem Glanz, wie ihn unser Auge noch nie geschaut hat.

Gerade über uns aber hängt eine Riesenscheibe am Himmel, fast dreizehnmal so groß, wie den Erdenbewohnern der Vollmond erscheint, die eine Hälfte strahlend hell, die andere in mattgraues Dämmerlicht gehüllt. Es ist unsere Heimat, die wir vor kurzem verlassen haben, die Erde. Sie ist jetzt unser Trabant, denn von hier aus stellen sich die Dinge genau so dar, als ob die Erde es sei, die den Mond umkreist. Im Lauf eines Monats bietet sie uns dasselbe Spiel der wechselnden Phasen, wie der Mond den Erdbewohnern, nur mit dem Unterschiede, daß sie sich immer gerade in der Lichtphase befindet, die der Mond 15 Tage vorher oder nachher inne hat. Sollte der Leser sich dies nicht vorstellen können, so möchte ich ihn bitten, sich noch einmal unsere Abb. 4 genau anzusehen, wo jedesmal die beleuchteten Hälften von Erde und Mond weiß, die dunklen Hälften schwarz gezeichnet sind. — Also da wir um die Zeit abgereist sind, wo der Mond sich im letzten Viertel befindet, haben wir jetzt das erste Viertel der Erde vor uns.

Doch blicken wir uns auf dem Monde selber um! Westlich von uns, in Richtung auf die untergehende Sonne, ist die Landschaft in blendende Lichtfülle getaucht, aus der sich jedoch die von der Sonne weggewandten Abhänge der Kraterwälle fast schwarz herausheben. Fern im Westen zieht sich ein ungeheures Kettengebirge über Hunderte von Kilometern hin; schon verschwanden die Abhänge in Nacht und Finsternis, aber die Gipfel und Kämme liegen noch im Bereich der

Sonnenstrahlen, und in gespenstischem Weiß ragen sie in endloser Reihe aus dem Dunkel empor. Da wir uns von den irdischen Astronomen eine gute Karte des Mondes haben mit auf die Reise geben lassen, können wir feststellen, daß es die Ketten der Apenninen und weiter nördlich die der Alpen sind, so benannt im Hinblick auf ähnlich ausgedehnte Gebirgsketten der Erde.

Und nun erkennen wir auch, wo wir gelandet sind. Mitten im mare imbrium, im Regenmeer! Dabei nirgendwo ein Tröpfchen Wasser! So weit das Auge sieht, fester, harter Boden. Und so ist es mit allen diesen Mondmeeren bestellt. Ob einmal in alten Zeiten die Wogen darüber hinrollten und die Brandung an ihren Küsten schäumte, wir wissen es nicht; jetzt sind sie längst vertrocknet, still und tot liegen die weiten Flächen da. Aber hiermit nicht genug! Wenn wir auch den ganzen Mond kreuz und quer durchstreifen würden, das Ergebnis wäre immer wieder: kein Wasser, überhaupt kein Tropfen Flüssigkeit!

Nun ist unsere Begeisterung für den Mond schon erheblich abgekühlt. Kein Wasser! Da wäre ein organisches Leben, wie es die Verhältnisse auf der Erde ermöglichen, überhaupt undenkbar, denn Pflanzen- und Tierkörper bestehen zum großen Teil aus Wasser und würden ohne beständige Wasserzufuhr in kürzester Zeit zugrunde gehen.

Doch es kommt noch schlimmer, wenn wir nach den Ursachen dieses Wassermangels fragen. Der Grund liegt nämlich darin, daß dem Monde noch ein anderer Stoff fehlt, der zum Leben nicht minder notwendig ist, nämlich die Luft. Luftmangel können wir nun einmal nicht vertragen, und wäre unsere Reise nicht bloß ein Gedankending, sondern Wirklichkeit, so hätte uns während dieser kurzen Unterhaltung auf dem Monde schon längst ein jämmerlicher Tod ereilt.

Wasser verdunstet schon in einem mit verdünnter Luft gefüllten Raume ziemlich rasch; fehlt aber die Atmosphäre ganz, so verflüchtigen sich auch große Mengen binnen kurzem zu Wasserdampf; und so kommt es, daß das Fehlen der Luft bald auch das Verschwinden des Wassers nach sich zieht.

Wo bleibt nun aber der Wasserdampf? Um hierüber Klarheit zu bekommen, wollen wir uns daran erinnern, daß man sich alle Stoffe, also auch die Gase und Dämpfe aus winzigen Teilchen, sogenannten Molekülen, zusammengesetzt denkt, die aber — namentlich bei den Dämpfen und Gasen — sehr locker gepackt und in beständiger rascher

Bewegung begriffen sind. Auch mit den Gasen, aus denen unsere irdische Atmosphäre hauptsächlich besteht, Stickstoff, Sauerstoff und Wasserdampf, ist es so. Hätte die Erde nun keine Anziehungskraft, so würden immer mehr der rasch bewegten Luftmoleküle in den Weltraum hinausschießen, bis schließlich die ganze Atmosphäre verschwunden wäre. So aber zwingt sie die Erde durch ihre Anziehungskraft, hübsch bei ihr zu bleiben und den Flug um die Sonne mitzumachen.

Nun hängt aber die Anziehungskraft eines Weltkörpers von seiner Masse ab, und da der Mond eine viel kleinere Masse hat als die Erde, so ist auch seine Anziehungskraft geringer, und zwar beträgt sie nur etwa ein Achtzigstel derjenigen unserer Erde. Und hier liegt der springende Punkt. Die Anziehungskraft des Mondes ist einfach nicht stark genug, um die Gasmoleküle festzuhalten, und so ist ihm die ganze Atmosphäre, die er früher sehr wahrscheinlich besessen hat, im Laufe der Zeit davongeflogen und der Wasserdampf mit ihr. Wir wissen nicht, ob es einmal organisches Leben auf dem Monde gegeben hat; der Verlust von Luft und Feuchtigkeit mußte ihm jedenfalls zum Verhängnis werden, und so ist heute der Mond eine tote Welt, vielleicht ein Grab.

Der Mangel einer Atmosphäre erklärt nun auch die merkwürdigen Wahrnehmungen, die wir vorhin machen konnten. Denn daß wir auf Erden die Sterne während des Tages nicht sehen, daß uns der Himmel blau erscheint, daß zwischen Tag und Nacht die Dämmerung liegt, daß auch Stellen, die nicht direkt von den Sonnenstrahlen getroffen werden, genügend erhellt sind, alles dies sind Wirkungen der Atmosphäre. An den Luftmolekülen und an den Staubteilchen, die zu Billionen im Luftmeer schweben, werden die Sonnenstrahlen zerstreut und nach allen Seiten verteilt; dabei wird die ganze Atmosphäre, soweit sie der Sonne zugewandt ist und noch ein Stück darüber hinaus, durchleuchtet, so daß wir uns eigentlich auf dem Grunde eines Lichtmeeres befinden, das uns von allen Seiten umspült. Dagegen muß natürlich das schwache Licht der Sterne verbleichen; aber auch am Nachthimmel werden sie geschwächt erscheinen, da die Luftschicht einen Teil ihres Lichtes verschluckt. Ebenso ist das Funkeln der Sterne lediglich auf die durch den beständigen Temperaturausgleich verursachte Luftunruhe zurückzuführen.

Indessen, die Zeit drängt, und es gibt noch mancherlei zu beobachten. Setzen wir also unsere Reise auf dem Monde selbst fort, und

Abb. 8. Ringgebirge Kopernikus
Nach einem Modell photographiert

zwar nach Süden zu, wo das große Ringgebirge Kopernikus liegt, das uns unterwegs schon aufgefallen war (Abb. 8 S. 43). Wir wollen es uns jetzt einmal genauer betrachten.

Ein gewaltiger, wild zerklüfteter Gebirgswall von nahezu 4000 m Höhe verwehrt uns den Eingang ins Innere des Ringes. Auch hier nur ödes, totes Gestein! Zahllose Kraterlöcher, einen bis mehrere Kilometer im Durchmesser haltend, oder noch kleiner, sind in weitem Umkreis über die Ebene verstreut. Hier und da ein paar Ringgebirge von mittlerer Größe, ebenso zackig und unwegsam wie der große Kopernikus. Und noch etwas anderes bemerken wir, dessen Bedeutung uns ebenso rätselhaft bleibt wie den irdischen Astronomen: schmale Rillen, die sich kilometerweit durch die Ebene hinziehen, kleinere Krater und Gebirgsausläufer, die im Wege liegen, einfach durchschneidend; bald geradlinig, bald unregelmäßig gekrümmt und verzweigt, bald schmal und scharf, bald breit wie die Furche eines Riesenpfluges. Es macht fast den Eindruck, als ob die Mondkugel an diesen Stellen geborsten wäre.

Überwältigend ist der Eindruck im Innern des Ringes. An einzelnen Stellen steigen die Gebirgswände mit geradezu entsetzlicher Steilheit mehrere tausend Meter empor. Hier möchten wir es einmal mit einem Echo versuchen. Aber was ist das! Kein Laut dringt aus unserem Munde hervor, was wir auch rufen mögen. Wir sind taub, vollständig taub. Glücklicherweise findet sich bald die befreiende Lösung, die dem Schreck ein Ende macht. Es ist ja keine Atmosphäre da, durch deren Erschütterung ein Ton entstehen und sich fortpflanzen könnte; was wir auf der Erde als Schall empfinden, ist doch nichts anderes als eine Wellenbewegung der Luft, ebenso wie unsere Lichtwahrnehmung durch Schwingungen im Äther hervorgerufen wird.

Nun legt sich uns die feierliche Stille, die hier alles beherrscht, doch etwas drückend aufs Gemüt, und unser Blick wendet sich mit leisem Heimweh der Erde zu, die dort oben als Riesenmond am schwarzen Himmel hängt. Wohl leuchten an ihrem Himmel die Sterne nicht so hell und klar, aber dafür bietet sie uns doch manches, was wir auf dem Monde schmerzlich vermissen; sie ist eben unsere Heimat.

Länger und länger werden die Schatten, welche der östliche Ringwall auf den Boden des Kessels wirft; die Zeit des Sonnenuntergangs ist nahe. Die irdischen Astronomen schauen jetzt mit ihren Fernrohren in den Kessel hinein, an den Formen der Schatten stu-

dieren sie die Gestalt der Gipfel und Grate; ja, aus der Schattenlänge, gerechnet vom Fuße des Gebirges an, und dem Winkel, unter dem die Sonnenstrahlen auftreffen, konnten sie selbst die Höhen der Mondberge berechnen. So wissen wir von ihnen, daß die Apenninenkette, die wir vorhin in der Ferne erblickten, bis zu 5500 m aufsteigt; die Alpen erreichen eine durchschnittliche Höhe von 2500 m; eine Spitze auf dem Wall des Ringgebirges Curtius wurde zu 7000 m Höhe gemessen, und das Leibnizgebirge am Nordostrande des Mondes ragt mit seinen Hauptgipfeln fast 9000 m hoch empor.

Auch die Durchmesser der Krater und Ringgebirge hat man bestimmt, z. T. durch Messungen an photographischen Aufnahmen des Mondes. Für die Ringgebirge ergaben sich hierfür im Durchschnitt 40—80 km; Kopernikus mißt sogar 90 km, woraus sich ein Flächeninhalt von rund 400 qkm ergibt, ungefähr ein Drittel der Provinz Westfalen. — An Höhe und Ausdehnung können sich also die Oberflächenformen des Mondes sehr wohl mit denen der Erde messen.

Doch es wird Zeit, daß wir das Innere des Kopernikus verlassen, denn schon liegt fast der ganze Boden des Kessels im Dunkeln. Draußen sehen wir die Zinnen des Ostwalles noch einmal in leuchtendem Sonnenglanz; jetzt huscht ein letzter Strahl darüber hin, und einen Augenblick später herrscht tiefste Nacht. Allerdings wird die Finsternis um diese Zeit durch das milde Licht der Erdsichel ein wenig erhellt, so daß wir unsere Umgebung ziemlich gut erkennen können, nachdem sich das Auge einmal an die Dunkelheit gewöhnt hat.

Wir werden den Mond nun bald verlassen; denn die eingebrochene Nacht würde uns, wollten wir ihr Ende abwarten, beinahe fünfzehn Tage aufhalten. Der Wechsel von Tag und Nacht wird ja, wie auf der Erde, so auch auf dem Monde, durch die Achsendrehung verursacht, indem bald die eine, bald die andere Seite dem Sonnenlichte zu- oder abgewandt ist. Da nun die Achsendrehung des Mondes genau so lange dauert wie sein Umlauf um die Erde, nämlich rund einen Monat, so fallen auf Tag und Nacht je fünfzehn Erdentage, d. h. jeder Mondort hat abwechselnd zwei Wochen Tag und zwei Wochen Nacht.

Und nun stellen wir uns vor, welche enormen Temperaturunterschiede dies mit sich bringt! Vierzehn Tage lang strahlt die Sonne unablässig und mit einer durch keine Atmosphäre geschwächten Kraft dem Mondboden ihre Wärme zu, vierzehn Tage lang hält ihn die

eisige Kälte des Weltraumes umfangen. Wir werden uns deshalb über die Messungen und Kombinationen der Mondforscher nicht wundern, nach denen sich der Boden im Laufe des Tages auf 100° Celsius erhitzen, während der Nacht aber auf die Temperatur des Weltraumes (vermutlich noch unter — 250° Celsius) abkühlen würde, so daß er einen Temperaturwechsel von 300—400° Celsius ausgesetzt wäre!

Für organisches Leben, so wie wir es kennen, ist der Mond — darüber sind wir jetzt ziemlich im klaren — eine gänzlich ungeeigneter Platz.

Doch wir müssen Abschied nehmen. Die Strecke von der Erde zum Monde war gewissermaßen nur eine Vorortlinie, und jetzt erst geht es recht eigentlich in die Ferne. Denn der Planet Venus, auf den wir nun zueilen, ist immerhin 40 Millionen Kilometer entfernt, trotzdem er sich gerade in Erdnähe befindet.

Noch ein letzter Blick auf die Erdsichel, wo Meere und Kontinente im Sonnenglanze liegen, und dann vorwärts!

*

6 Aus der Vergangenheit unseres Trabanten

Zwei Rätsel nehmen wir vom Monde mit, die uns nicht aus dem Sinn wollen. Wie sind die merkwürdigen Gebilde seiner Oberfläche, insbesondere die Krater und Ringgebirge und die weiten Mareflächen entstanden? Weshalb wendet der Mond der Erde immer nur die eine Seite zu und vermag sich nicht ebenso frei zu drehen, wie dies andere Himmelskörper tun?

Ein wenig Unterhaltung über diese zwei Mondrätsel soll uns auf der langen Reise zur Venus die Zeit vertreiben helfen.

Ich möchte meinen Reisegefährten im Geiste zwei Bilder vorführen, die, ein jedes in seiner Weise, die Vergangenheit des Mondes vor uns aufrollen.

Das erste Bild!

Eine feurig-flüssige Weltkugel begleitet die Erde, die selber noch ein Glutball ist, auf ihrer weiten Bahn um die Sonne. Es ist der Mond in der Frühzeit seines Daseins. Selbst ein Stäubchen Sonne strahlt er unablässig seine Gluten in den eisigen Weltraum hinaus. Aber die Wärmequellen des kleinen Sternes sind nicht unerschöpflich. Allmählich kühlt sich die Oberfläche ab; hier und da bilden sich große Schlackenfelder, die auf dem Feuermeer umherschwimmen, bald sich vereinigend, bald wieder auseinanderbrechend. Und endlich kommt die kleine Sonne zum Erlöschen; eine dunkle, starre Kruste schließt die glutflüssigen Massen ringsum ein. Doch die Kräfte des Inneren empören sich dagegen; mit Ungestüm drücken sie gegen die noch dünne Rinde und wölben sie bald hier, bald da blasenförmig empor, bis es ihnen gelingt, die Wölbung oben zu durchbrechen. Die Schollen der zertrümmerten Rinde werden zur Seite geschleudert, und hoch auf türmen sie sich ringsum zu einem kreisrunden Wall, dessen Inneres nun allmählich wieder erstarrt.

Wir haben die Bildung eines Ringgebirges mit angesehen.

Mit der Zeit kühlt sich nun auch das Innere des Mondes stärker

ab, wobei es sich gleichzeitig zusammenzieht. Die starre Rinde vermag aber dieser Zusammenziehung nicht zu folgen, und so bilden sich an verschiedenen Stellen Hohlräume, in die nun weite Teile der Oberfläche hineinsinken. Sogleich fließt die glühende Lava nach allen Richtungen darüber hin, Hunderte von Kilometern weit, bis fast das ganze Senkungsgebiet von einem Feuersee bedeckt ist. Aber allmählich kühlt sich dieser See an seinen Rändern ab, und nun schmilzt er die Schlacken und Bruchstücke, auf die er trifft, nicht mehr, sondern schiebt sie vor sich her und türmt sie immer höher auf, bis endlich das Ganze stockt. Die Lava erkaltet jetzt rasch, und wir haben eines der sogenannten Meere vor uns, eine weite, ziemlich ebene Fläche, stellenweise eingefaßt durch einen riesigen, wild zerklüfteten Schlackenwall, wie z. B. das Mare imbrium durch die Ketten des Apennin und der Alpen.

Bei diesen Vorgängen geschieht es häufiger, daß kleine Magmamengen in die feste Rinde eingeschlossen werden, und über diesen Einzelherden bilden sich späterhin regelrechte Vulkane, durch welche die eingeschlossene Lava nebst großen Mengen von Schlacken und Asche unter Kraterbildung ins Freie tritt. Stürme in der damals vorhandenen Atmosphäre entführen die Asche in gerader Richtung auf weite Strecken hin, wobei sie allmählich zu Boden sinkt. Auf diese Weise entstanden die hellen Streifen, die strahlenförmig von den Vulkankratern auslaufend, sich geradlinig über Berge und Täler hinziehen.

Ungezählte Jahrtausende vergingen seitdem. Verschollen ist das Krachen und Bersten der Lavablöcke, erloschen sind die Vulkane, die einst mit ihrem Feuerschein die Mondnächte erleuchteten. Nichts mehr stört diese Welt in ihrem Todesschlaf; nur die ragenden Gipfel ihrer Hochgebirge legen noch Zeugnis ab von den Höllengewalten, die sie in grauer Vorzeit durchtobten.

Dies ist das eine Bild. Nun das andere!

Eine zahllose Menge kleinster Weltkörper — Meteore nennen sie die Astronomen — kreist nicht weit von der Erde in gemeinsamer Bahn um die Sonne. Einige besonders große von ihnen fangen durch ihre überwiegende Anziehungskraft ihre kleineren Nachbarn ein, vereinigen sich dann selbst wieder miteinander, bis der Vorgang sich schließlich zu einem allgemeinen Zusammensturz der Meteore ausweitet. Aus vielen kleinen entsteht allmählich ein großer Weltkörper,

unser Mond. Durch die starke Wärmeentwicklung beim Aufprall der Meteore in glutflüssigen Zustand überführt, nimmt er unter dem Einfluß der überall nach dem Mittelpunkt gerichteten Schwerkraft alsbald Kugelgestalt an. Es wiederholt sich dann der vorhin geschilderte Vorgang der Abkühlung und Erstarrung bis zur Bildung einer festen Rinde. Aber noch immer prasseln größere und kleinere Meteore auf die Oberfläche nieder. Von Zeit zu Zeit kommt ein besonders massenreiches; es durchschlägt und zertrümmert die noch dünne Kruste, und auf weite Strecken ergießt sich die Lava darüber hin; es entstehen die sogenannten Meeresflächen. Allmählich wird jedoch die Erstarrungskruste immer dicker und widerstandsfähiger. Wenn jetzt ein Meteor einschlägt, so wühlt er lediglich das Gestein auf, so daß die Trümmer ringsum zu einem hohen Wall emporgeschleudert werden und kleinere Stücke und Staubteilchen sogar strahlenförmig nach allen Richtungen davonfliegen. Auf diese Weise bilden sich Krater und Ringgebirge, letztere, wenn es sich bei dem Aufprall um größere Massen handelt.

Mit der Zeit werden es aber der Meteore immer weniger, und einmal kommt der Tag, da das letzte von ihnen niederfällt. Seitdem liegt auch auf diesem Bild der Mond im Todesschlaf.

Zwei Bilder, wir hätten auch sagen können zwei Hypothesen. Welche davon hat recht, oder haben vielleicht beide unrecht? Wir wissen es nicht; uns bleibt nur die Hoffnung, daß die Natur selber einmal den Schleier ein wenig lüften und uns zeigen wird, wie wir das Bild zu ändern oder ganz neu zu zeichnen haben.

Indessen bietet die Meteorhypothese wenigstens den Vorzug, daß sie sich durch Experimente prüfen läßt, indem man die Vorgänge, die dabei im Spiele sind, im kleinen nachahmt. Solche Versuche sind in verschiedenster Weise ausgeführt worden, meistens so, daß man passend gewählte künstliche Meteore in feste, zähflüssige oder pulverförmige Massen schleuderte, einmal sogar in großem Stile vom Flugzeug aus. Die dabei entstandenen Gebilde zeigten nun in der Tat oft eine starke Ähnlichkeit mit den Formen der Krater und Ringgebirge des Mondes. Dürfte man aus gleichen Wirkungen ohne weiteres auf gleiche Ursachen schließen, so wäre dies immerhin eine Stütze für die Theorie.

Ist denn nun auf dem Monde wirklich alles zur Ruhe gekommen, oder sind etwa doch noch Anzeichen fortdauernder Gebirgsbildung

vorhanden? Tatsächlich will man mehrfach derartige Wahrnehmungen gemacht haben, wobei es sich allerdings meistens um Objekte handelte, die hart an der Sichtbarkeitsgrenze lagen. So entdeckte der Kölner Astronom Klein im Mai 1877 in dem Krater Hyginus ein nahezu kreisförmiges dunkelgraues Gebilde mit einem runden, schwarzen Krater in der Mitte. Im Juni zeigte sich südlich davon noch ein etwas kleinerer Fleck, und ein Jahr später bemerkte der Beobachter, daß beide Flecke durch eine graue breite Bodenmulde miteinander in Verbindung standen, die er früher bestimmt nicht gesehen hatte. — Über das Für und Wider dieser Wahrnehmungen entstand bald eine lebhafte Erörterung, die aber nicht zu einer endgültigen Entscheidung der Frage geführt hat.

In jüngster Zeit sind namentlich die Untersuchungen des amerikanischen Mondforschers William Pickering bekanntgeworden, der in dem Ringgebirge Eratosthenes ein ganzes System von Flecken und Streifen entdeckt haben will, die starken Veränderungen unterliegen sollen. Allerdings besteht hier die Möglichkeit, daß es sich lediglich um Verfärbungen bestimmter Stellen des Mondbodens handelt, hervorgerufen durch die wechselnde Sonnenbestrahlung. Die Wahrnehmungen selbst scheinen einen ziemlichen Grad von Wahrscheinlichkeit für sich zu haben.

Übrigens wäre es sehr wohl denkbar, daß durch die enormen Temperaturgegensätze, die wir vorhin feststellten, hier und da das Gestein aufgelockert wird und von seiner Unterlage abrutscht. Freilich müßte solch ein Bergrutsch schon ganz bedeutende Ausmaße annehmen, wenn er von der Erde aus selbst mit den kraftvollsten Fernrohren bemerkt werden soll.

Und nun zu der anderen Frage: Warum wendet uns der Mond immer dieselbe Seite zu? Die Antwort, die uns die Astronomen hierauf geben, führt uns ebenfalls in jene Zeit zurück, da der Mond noch eine feuerflüssige Kugel war. Damals rotierte er viel rascher um seine Achse, aber gleichzeitig mußte die Anziehungskraft der Erde in der Glutflüssigkeit eine gewaltige Flutwelle in Richtung der Verbindungslinie Erde-Mond hervorrufen. Da nun der Mond in 29½ Tagen die Erde umläuft, so würde der Flutberg, der ja stets auf die Erde zu gerichtet ist, in derselben Zeit einmal um den ganzen Mond herumgeführt, und suchte diesen dabei natürlich mitzuzerren. Die Rotation drehte ihn aber in entgegengesetzter Richtung, und so wirkten

zwei Kräfte gegeneinander, von denen die eine den Mond in 29½ Tagen von Osten nach Westen, die andere in viel kürzerer Zeit von Westen nach Osten um seine Achse zu drehen suchte. Dabei mußte letztere Kraft allmählich unterliegen, die anfangs schnelle Rotation verlangsamte sich immer mehr, bis sie sich schließlich der Drehgeschwindigkeit des Flutberges vollständig angeglichen hatte. Von jetzt an dauerten Umlaufszeit und Achsendrehung gleichlang, und die eine Halbkugel blieb der Erde für immer abgewandt.

Ist diese Anschauung richtig, so muß der Mond noch heute, nachdem er längst erstarrt ist, in Richtung der Verbindungslinie zur Erde etwas länglich gestaltet sein. Das ist nun in der Tat der Fall, indessen beträgt die Abweichung von der Kugelgestalt nur wenige Kilometer.

Doch nun genug vom Monde! Zudem nähert sich drüben eine Erscheinung, die jetzt unsere ganze Aufmerksamkeit in Anspruch nimmt.

*

7. Eine Reisebegegnung

Unser nächstes Ziel, der Planet Venus, liegt noch in weiter Ferne, aber da taucht seitwärts ein Gestirn auf, das nicht in unserem Reiseführer verzeichnet ist; ein hellglänzender rundlicher Kern mit einem mächtig langen Lichtschweif, rast es in höchster Geschwindigkeit der Sonne zu. Das ist für uns etwas ganz Neues; zum erstenmal machen wir hier Bekanntschaft mit einem Kometen.

Schauen wir uns die merkwürdige Erscheinung einmal näher an. Der Kern scheint nicht sehr groß zu sein, aber um ihn legt sich eine Hülle leuchtender Gase von gewaltigem Durchmesser, die sogenannte Coma. Bei einem Kometen, der im Jahre 1811 erschien, war diese Coma sogar größer als die Sonne. Aber wie die Astronomen gefunden haben, sind die Gase, aus denen die Coma besteht, so dünn, daß sie, auf die Dichte etwa der irdischen Luft zusammengepreßt, nur einen für kosmische Verhältnisse verschwindend kleinen Raum einnehmen würden. Noch viel dünner ist der Schweif, der von der Coma ausgeht und sich manchmal viele Millionen Kilometer weit in den Raum erstreckt. Die einzelnen Teilchen der den Schweif bildenden Materie sind durch so weite Zwischenräume getrennt, daß die Sterne ungeschwächt hindurchscheinen (siehe die Abb. 9).

In den Kometen haben wir es also mit Himmelskörpern zu tun, die den uns bisher bekannten Gliedern des Sonnensystems, den Planeten, nicht im geringsten ähnlich sind; und doch gehören auch sie zum Anziehungsbereich der Sonne. Wir stehen damit vor der Frage, in was für Bahnen sie sich um den Zentralkörper bewegen.

Wie wir schon wissen, laufen die Planeten in Ellipsen um die Sonne, aber diese Ellipsen sind bei den uns bisher bekannten Planeten durchweg ziemlich kreisähnlich. Die Astronomen wissen nun schon seit langem, daß auch die Kometen sich in Ellipsen bewegen, aber im Gegensatz zu den Planeten in sehr langgestreckten Ellipsen; die Sonne steht auch hier wieder nicht im Mittelpunkt, sondern in einem

Abb. 9. Komet Morehouse 1908
Photographische Aufnahme

der Brennpunkte. Nun ist uns aber von früher bekannt, daß die beiden Brennpunkte um so weiter auseinanderliegen, je gestreckter die Ellipse ist; die Sonne befindet sich daher sehr nahe am einen Rande

des von der Kometenbahn umschlossenen Gebietes (siehe Abb. 10). Die Folge davon ist, daß der Komet in der einen Hälfte seiner Bahn der Sonne sehr nahe kommt, in der anderen Hälfte dagegen sich weit von ihr entfernt. So steht ein von dem Astronomen Encke entdeckter Komet um die Zeit seiner größten Annäherung an die Sonne dieser so nahe wie der Planet Merkur, in der Sonnenferne dagegen ist er von ihr durch eine mehr als viermal so große Distanz getrennt wie die Erde. Zu einem vollen Umlauf um die Sonne gebraucht er ungefähr $3^1/_3$ Jahre.

Wohl am schärfsten traten die Eigentümlichkeiten einer solchen Bahn

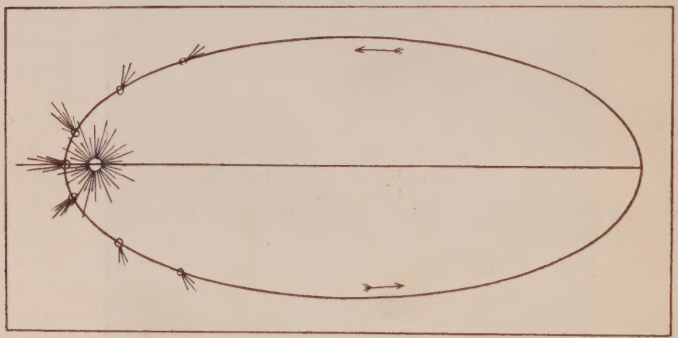


Abb. 10. Schema einer Kometenbahn
Vgl. dazu auch das 16. Kapitel

bei dem großen Kometen von 1680 hervor, der sich durch einen ungewöhnlich langen Schweif auszeichnete. Die damaligen Astronomen beobachteten den Kometen sehr fleißig; seine Bahn ist aber erst viel später von dem schon genannten Encke berechnet worden. Danach braucht dieser merkwürdige Weltkörper 8800 Jahre, um seine Bahn ein einziges Mal zu durchlaufen. Wie mag es auf der Erde ausgesehen haben, als jener Komet 7000 Jahre vor Christus in Sonnennähe war, und in welchem Zustande wird er sie wiederfinden, wenn er nach $8^1/_2$ Jahrtausenden zurückkehrt? — Im Jahre 1680 nun kam der Komet der Sonnenoberfläche bis auf 250 000 km nahe, so daß für ihn die Sonne als Riesenfeuerscheibe fast ein Drittel des sichtbaren Himmels bedecken mußte. Seitdem ist er längst wieder in den

Tiefen des Raumes verschwunden; irgendwo, jenseits der Neptunsbahn, zieht er einsam seines Weges. Ferner und ferner wird ihm die Sonne, aber sie läßt ihn nicht aus ihrem Bann; einst, nach Jahrtausenden, selbst nur noch ein Sternchen am Himmel des Kometen, wird sie ihn zurückrufen. Und der Komet beugt sich dem geheimnisvollen Zwange der Gravitation, in 130 Milliarden Kilometer Entfernung macht er Halt und wendet sich zur Rückkehr.

Vielleicht fällt hier dem einen oder anderen Leser die Frage ein, wie es wohl möglich sei, daß ein Komet, der aus 130 Milliarden Kilometer Entfernung herangezogen, der Sonne so nahe gekommen ist, wie der unsrige, überhaupt noch imstande ist, sich wieder von ihr zu entfernen?

Wir müßten uns, um dies ganz zu verstehen, beträchtlich in die höhere Mechanik vertiefen, doch darauf wollen wir lieber verzichten. Für unsere Wißbegierde muß folgende Antwort vorerst genügen.

Die Sonne, die den Kometen zu sich heranzieht, der ursprünglich nicht in ganz gerader Richtung auf sie zu läuft, kann seine Bahn niemals in eine gerade Linie umwandeln. Die Anziehungskraft beschleunigt zwar den Lauf des Kometen, je mehr er sich der Sonne nähert; aber gerade diese Beschleunigung bewirkt, daß er an der Sonne in einer sehr krummen Linie vorüberläuft. Weil er nun einmal in starkem Schwung ist, so eilt er wieder von der Sonnennähe fort; und weil die Sonne ihn fortwährend dabei zurückzieht, wird auch wirklich sein Lauf immer langsamer und langsamer, bis er nach vielen Jahren endlich so langsam wird, daß er genötigt ist, der Sonnenanziehung nachzugeben, in einer ganz gleich stark gekrümmten Linie umzubiegen und von seiner Sonnenferne ab in immer schneller werdendem Lauf wieder zur Sonnennähe zu eilen.

Alle Himmelskörper, deren Rundlauf sehr in die Länge gezogen ist — oder wie man sich wissenschaftlich ausdrückt, deren Ellipse eine große Exzentrität hat — gehen in der Tat von der Sonnennähe zur Sonnenferne immer langsamer und langsamer, bis sie in der größten Entfernung außerordentlich langsam gehen, dafür aber wandern sie ihren Rückweg in ganz gleichem Maße immer schneller, bis sie in der Sonnennähe ihren schnellsten Lauf haben, der es — wie gesagt — bewirkt, daß sie an der Sonne vorbeikommen und sich von ihr wieder entfernen können.

Bei so übermäßig langgestreckten Bahnen wie der des Kometen von

1680 sind diese Unterschiede besonders scharf ausgeprägt. Der Komet raste mit der geradezu phantastischen Geschwindigkeit von 550 km in der Sekunde an der Sonne vorbei, während er in der äußersten Sonnenferne nur 4 m in der Sekunde zurücklegt, also bequem von einem Radfahrer begleitet werden könnte.

Welche Veränderungen mögen in einem Himmelskörper vorgehen, wenn er den Raum bald mit einer so hohen Geschwindigkeit, bald mit solcher Langsamkeit durcheilt? Welche bei einer Sonnennähe, wo er 30 000mal mehr Licht und Wärme von der Sonne erhält als wir, und bei einer Sonnenferne, wo er an 770 000mal schwächer erwärmt und beleuchtet wird als die Erde?

Die Beantwortung dieser Fragen ist für uns natürlich von größtem Interesse, allein wir wollen sie auf einen späteren Zeitpunkt unserer Reise verschieben. Vorerst dürfen wir bei der schon angedeuteten Vermutung bleiben, daß die Kometen nicht eine einzige Masse, sondern eine Anhäufung außerordentlich kleiner Teile darstellen, die sich gegenseitig anziehen, ohne daß sie so nahe aneinander kommen, um sich wirklich zu berühren. Ihre Anziehung bewirkt dann nur, daß sie gemeinschaftlich ihre Reise um die Sonne machen; nur dort, wo der lichtere Kern zu sehen ist, haben wir uns eine größere Anhäufung der einzelnen Teilchen zu denken, die zwar auch hier keine dichte, einzige Masse bilden, aber doch näher beisammen liegen. Natürlich können sich unter den Teilchen des Kernes auch solche befinden, deren Größe nach menschlichen Maßen schon recht beträchtlich wäre; Stücke von etlichen Kilometern Durchmesser sind recht wohl möglich.

Wahrscheinlich haben wir im weiteren Verlauf unserer Reise noch öfter die Gelegenheit, einen Kometen begrüßen zu können; denn diese Himmelskörper sind keineswegs seltene Gäste. Kepler glaubte sogar, es gebe ihrer im Raume so viele wie Fische im Meere. Mag dies auch übertrieben sein; jedenfalls sind in den Jahren von 1901 bis 1920 allein 22 Kometen erschienen, die mit bloßem Auge zu sehen waren, und dazu kommt die drei- bis viermal größere Zahl derer, die wegen ihrer Lichtschwäche nur im Fernrohr beobachtet werden konnten.

Wie nun, wenn die Umstände ein solches Gestirn einmal dazu bringen würden, die Erde anzurennen, und zwar mit dem Kopfe, der möglicherweise aus ganz massiven Brocken bestünde? Dem Kometen würde das gewiß sehr zum Schaden gereichen, vielleicht wäre es sein Ende; aber auch wir dürften wohl kaum Freude daran haben, wenn

sich ein Metall- oder Steinklotz von 40 bis 50 km Durchmesser mit ebensovielen Kilometern Sekundengeschwindigkeit auf uns losstürzte. Die Erde freilich würde sich nicht allzu viel daraus machen und ruhig ihre Bahn weiterziehen, aber mit allem Menschenwerk wäre es plötzlich und endgültig aus.

Doch die Astronomen haben derartige Besorgnisse einigermaßen zerstreut. Einmal wäre ein solcher Zusammenstoß angesichts der ungeheuren Räume, über welche die Körper des Sonnensystems verteilt sind, ein Zufall, der eine äußerst geringe Wahrscheinlichkeit für sich hätte; und zweitens haben wir allen Grund zu der Annahme, daß auch die Kerne mancher Kometen aus kleineren Partikeln aufgebaut sind, die uns bei einem Zusammenstoß nichts anhaben könnten.

Vor etwa 90 Jahren hat allerdings in der Tat einmal ein Komet — es war der Bielasche — der Menschheit einen gelinden, wenn auch ganz unbegründeten, Schreck eingejagt.

Die Sache war nämlich folgende. Dieser Komet geht in $6^3/_4$ Jahren um die Sonne und ist in seiner Sonnennähe nur noch 142 Millionen Kilometer von derselben entfernt. Nun ist die Erde überhaupt nur 150 Millionen Kilometer von der Sonne entfernt; wenn demnach dieser Komet auf der Reise zu seiner Sonnennähe so weit gekommen ist, daß er nur noch 8 Millionen Kilometer zu machen oder auf der Rückreise von dort 8 Millionen Kilometer zurückgelegt hat, ist er ebenso weit entfernt von der Sonne wie die Erde. Geschieht nun dies so, daß der Komet einmal auf der einen Seite der Sonne 142 Millionen Kilometer weit von ihr entfernt ist, während die Erde ebenso weit entfernt auf der anderen Seite der Sonne ihre Bahn verfolgt, so hat das begreiflicherweise nichts zu sagen, weil dann die beiden Himmelskörper fast 300 Millionen Kilometer voneinander getrennt sind. Anders und zwar bedenklicher wäre die Sache schon, wenn sich einmal die Erde gerade an der Stelle ihrer Bahn befände, wo sie gleichzeitig der Komet beim Durchlaufen seiner Sonnennähe kreuzen muß.

Die Astronomen haben deshalb gleich nach der Entdeckung dieses Kometen den Punkt und die Zeit zu bestimmen gesucht, wo das eine oder das andere geschehen kann, und bei dieser Gelegenheit ergab es sich durch die Rechnung, daß der Komet am 29. Oktober 1832 nur etwa 30 000 km von der Erdbahn entfernt sein würde. — Kaum wurde dies im Publikum bekannt, als sich auch bereits eine ungemeine Furcht vor einem nahen Weltuntergang der Gemüter bemächtigte.

Vergeblich machten die Naturforscher zur Entkräftung des Irrtums darauf aufmerksam, daß zwar der Komet nur 30 000 km von der Erdbahn entfernt sein würde, aber die Erdbahn sei ja nicht die Erde selber, die Erdbahn sei vielmehr an sich gar nichts; ebensowenig ein Ding, wie etwa der Weg, den ein geworfener Stein zurücklegt. Die Erde selber aber werde am 29. Oktober 1832 noch über 100 Millionen Kilometer zu laufen haben, bevor sie an die Stelle komme, wo an diesem Tage der Komet stehen werde, und inzwischen sei der Komet wieder sozusagen über alle Berge.

Es war vergeblich; die Furchtsamen ließen sich's nicht ausreden, bis die Zeit selbst ihre Besorgnisse zerstreute.

Durch den Schweif eines Kometen mag übrigens die Erde schon öfter gegangen sein. Wir alle erinnern uns noch des Jahres 1910, wo uns der Halleysche Komet diese Gelegenheit verschaffte. Nichts von all' dem Schrecklichen, was unwissende, aber um so ängstlichere Gemüter für die betreffende Nacht prophezeit hatten, traf ein. Es war ein völlig harmloses Ereignis, und wenn man ihm überhaupt irgendeine Wirkung zuschreiben darf, so war es vielleicht das Auftreten besonders schöner Dämmerungsfarben.

*

8. Planet Venus in Sicht

Also das ist die Venus? Aber sie stellt ja nur eine ganz schmale Sichel dar, und der Rest der uns zugewandten Halbkugel liegt völlig im Dunkeln! Ganz recht! So müssen uns die Dinge von hier aus auch erscheinen. Denn die Venus bekommt, wie wir wissen, ihr Licht von der Sonne, und da die Sonne jetzt ein wenig seitlich von uns, aber jenseits des Planeten steht, so wendet uns dieser seine unbeleuchtete Seite zu, und nur eine schmale Zone am Rande der diesseitigen Halbkugel wird noch gerade von den Sonnenstrahlen getroffen. Da die Erde jetzt gerade hinter uns steht, ist der Anblick für die irdischen Astronomen derselbe. Anders dagegen, wenn sich Venus in ihrer Bahn jenseits der Sonne befindet; dann wendet sie uns eine nahezu voll beleuchtete Scheibe zu, die allerdings wegen der größeren Entfernung auch viel kleiner aussieht.

Wollen die Astronomen der Erde Venus in beiden Phasen beobachten, so müssen sie sich ziemlich lange gedulden, denn der Planet braucht zu einem vollen Umlauf um die Sonne zwar weniger Zeit als die Erde, aber immerhin 224 Tage; so schnell wie beim Monde wechseln also die Phasen nicht ab (siehe auch Abb. 11). Dazu kommt noch, daß die Erde ja auch in ihrer Bahn weitergeht, und zwar in derselben Richtung wie die Venus. Das verwickelt die Sache natürlich sehr, und die Folge davon ist, daß eine bestimmte Phase, wenn sie einmal stattgefunden hat, erst nach 584 Tagen wiederkehrt.

Leider besitzt der Planet Venus keinen Mond, der uns als Absteigequartier dienen könnte; wir müssen uns also damit begnügen, ihn aus einiger Entfernung zu betrachten. Und das lohnt sich wirklich! Wir sind von dem Planeten eine kleine Strecke, etwa doppelt so weit wie der Mond von der Erde, entfernt, und er erscheint uns schon dreimal so groß wie auf Erden die Mondkugel. Trotz des starken Sonnenlichtes leuchtet er überaus hell und klar, vermag ihn doch ein gutes Auge sogar von der Erde aus bei günstiger Stellung am hellichten Tage aufzufinden.

Doch hier machen wir eine merkwürdige Entdeckung. Die Grenze zwischen der hellen Sichel und dem dunklen Teil der Venusscheibe ist nicht scharf, sondern durch einen breiten Dämmerungssaum markiert, genau wie wir es bei der Erde sahen, vielleicht noch auffälliger. Wir wissen schon, was dies zu bedeuten hat: Der Planet ist von einer beträchtlichen Atmosphäre umgeben, in der das Sonnenlicht nach allen Seiten zerstreut und so z. T. auch in die Randzonen der von den Strahlen nicht unmittelbar getroffenen Halbkugel geworfen wird.

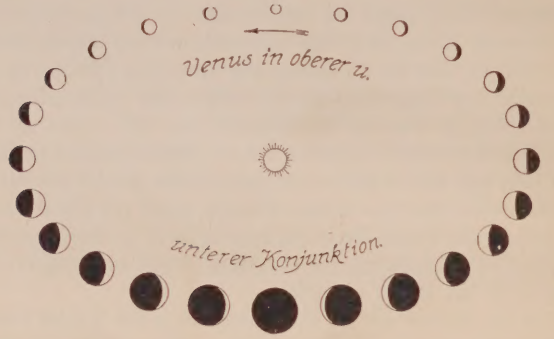


Abb. 11. Phasen von Venus und Merkur

Nicht schroff, wie auf dem Monde, sondern ganz allmählich vollzieht sich so der Übergang zwischen Tag und Nacht.

Daß Venus eine Lufthülle besitzt, die vielleicht ganz ähnlich zusammengesetzt ist, wie die unserer Erde, macht uns den schönen Planeten noch um vieles sympathischer; denn nun ist ja Hoffnung vorhanden, daß er der Erde auch noch in anderer Hinsicht ähnelt. Und so ist es in der Tat; denn die Venus hat nicht nur eine Atmosphäre, sondern auch Wolken darin, und wo es Wolken gibt, da ist auch Wasser. Luft und Wasser sind es aber, die durch ihre aufbauende und abtragende Arbeit das Antlitz der Erde gemeißelt haben und organischen Wesen daselbst das Leben ermöglichen; dürfen wir da nicht mit Recht vermuten, im Planeten Venus — wenigstens, was die leblose Natur betrifft — eine zweite Erde vor uns zu haben? Denn auch der Größe nach gleichen sich die beiden Weltkugeln bis auf einen ganz ge-

ringen Unterschied, und die Wirkung der Schwerkraft ist auf der Erde nur wenig stärker als auf der Venus.

Leider ist es uns bis heute aber gänzlich versagt geblieben, einen Blick auf die Oberfläche des Planeten zu tun; denn die Bewölkung ist außerordentlich viel stärker als auf der Erde und umhüllt in mächtiger Schicht die ganze Venuskugel. So erklärt sich auch die auffallende Helligkeit des Planeten; denn die helle Wolkendecke wirft fast drei Viertel des von der Sonne empfangenen Lichtes wieder zurück. Obgleich Venus wegen der größeren Sonnennähe fast doppelt so viel Licht und Wärme empfängt wie unser Planet, ist es daher sehr wohl möglich, daß ihre Oberfläche weniger davon mitbekommt als die der Erde. Allerdings sorgt die Wolkendecke auch dafür, daß die einmal eingedrungene Wärme auch drinnen bleibt und nicht gleich wieder in den Weltraum ausgestrahlt wird, wie es auf Erden gewöhnlich der Fall ist.

Auch unser Gedankenflug vermag die Wolkenschicht der Venus nicht zu durchdringen; wir müßten schon etwas Phantasie vorspannen, aber dabei verliert man gar leicht die Orientierung. Doch wenn der eine oder andere Reisegefährte es auf eigene Gefahr hin versuchen möchte, soll es ihm nicht verwehrt sein.

Eine Frage liegt uns noch auf dem Herzen: wie steht es mit der Achsendrehung der Venus? Wenn der Planet nämlich die Eigentümlichkeit hätte, wie verschiedene Astronomen glauben, sich in derselben Zeit einmal um seine Achse zu drehen, in der er auch einen Umlauf um die Sonne vollendet, also in 224 Tagen, so würde er letzterer immer dieselbe Seite zukehren, ähnlich wie der Mond es in bezug auf die Erde tut. Das müßte aber unsere Freude, in der Venus ein Gegenstück zur Erde entdeckt zu haben, sehr trüben. Denn die der Sonne zugewandte Seite des Planeten würde sich dann unter der immerwährenden Bestrahlung schon längst so stark erhitzt haben, daß alle Feuchtigkeit verdampft wäre und sich auf die Nachtseite zurückgezogen hätte. Hier aber, wo niemals ein Licht- und Wärmestrahl hinkäme, müßte eine solche Kälte herrschen, daß weithin alles unter ewigem Eise begraben läge. So würde man auf der einen Halbkugel verbrennen, auf der anderen erfrieren. — Aber abgesehen davon, daß in diesem Falle nicht eine so gleichmäßige Wolkenhülle den Planeten rings umgeben könnte, wie wir es doch beobachten, glauben manche Astronomen auch aus ihren sonstigen Wahrnehmungen an dem Pla-

neten gerade auf eine kurze Rotationszeit von 23 bis 24 Stunden schließen zu müssen, so daß, sollte die Frage in letzterem Sinne entschieden werden, Venus auch hierin der Erde gleichen würde.

Und jetzt noch ein kurzer Rückblick auf die Erde! Verschwunden ist die Riesenscheibe, als die wir sie auf dem Monde noch sahen, aber ein wundervoller, rötlicher Stern leuchtet am dunklen Himmel, strahlender noch als Venus für den Erdbewohner im größten Glanze erscheint. Das ist unsere Erde, jetzt wirklich nur noch ein Stern unter Sternen. Und etwas sehr Hübsches erblicken wir ganz dicht dabei: ihren treuen Begleiter, den Mond. Er leuchtet zwar nicht so hell, wie die Erde, übertrifft an Glanz aber doch noch den hellsten Fixstern, den Sirius. „Erde und Mond bieten also den etwaigen Venusbewohnern den Anblick eines prachtvollen Doppelsternes, bestehend aus einem roten und einem gelblichweißen Stern, mit der kurzen Umlaufszeit von 27,3 Tagen, ein Schauspiel, das vollends in einem starken Fernrohr überaus anziehend und fesselnd sein müßte."

Doch wir sind rastlose Wanderer. Dort in der Ferne strahlt als leuchtender Wegweiser ein Feuerball seine Gluten in den Raum hinaus; weiter führt unsere Bahn und immer weiter — der Sonne zu.

*

9. Der Sonne entgegen

Mancherlei Gedanken beschäftigen uns jetzt, da das gewaltige Licht- und Kraftzentrum des Sonnensystems als nächstes Ziel vor uns liegt. Vor allem ist es die Frage nach dem geheimnisvollen Wirken jener Kraft, die uns im bisherigen Verlauf unserer Reise immer wieder entgegentrat, und die der Sonne Macht gibt über alle Planeten und Kometen — der Anziehungskraft. Fassen wir noch einmal zusammen, was wir bis jetzt über sie erfahren haben.

Der Anziehungskraft der Erde ist es zu danken, daß die Erdkugel von allen Seiten bewohnt und belebt werden kann, daß Menschen und Tiere sich auf ihr bewegen können, obgleich die Menschen und Tiere auf der einen Seite der Kugel gerade umgekehrt gehen und stehen als auf der anderen. Gäbe es keine Anziehungskraft, so würde jeder Stein, der in die Höhe geworfen wird, ohne Halt in den Raum fortfliegen und nie zur Erde zurückkehren. Ja die Erde selbst würde alsbald auseinanderfallen, da nur die gegenseitige Anziehung ihrer Teile die Kugel zusammenhält.

Die Anziehung der Erde ist es auch, die den Mond in einer Entfernung von 384 000 km in seiner Bahn festhält und ihn hindert, in den Weltraum davonzufliegen. Und dieselbe Anziehung herrscht nicht nur zwischen Erde und Mond, sondern auch zwischen Erde, Mond und Sonne, zwischen der Sonne und all ihren Planeten, ja, wie uns ein anderes Bändchen zeigen wird, auch zwischen der Sonne und sämtlichen Sternen, die am nächtlichen Himmel ihr Licht zu uns senden aus Fernen, von denen der menschliche Geist sich keine Vorstellung mehr machen kann.

Indessen, was die Anziehungskraft ihrem Wesen nach ist, vermag uns auch die Wissenschaft nicht zu sagen; sie muß sich vielmehr mit der Feststellung begnügen, daß diese Kraft eine natürliche Eigenschaft des Stoffes ist, so wie das Leuchten eine Eigenschaft des Lichtes. Aber nach welchen Gesetzen die Anziehung wirkt, darüber sind wir

durch die Forschungen des großen englischen Astronomen und Physikers Isaac Newton (1643—1727) aufs genaueste unterrichtet.

Nach dem von Newton entdeckten Gesetz ist erstens die Anziehungskraft um so größer, je größer die anziehenden Massen sind. Ein Planet, der nur den dritten Teil der Masse besitzt, die die Erde hat, hat auch nur ein Drittel ihrer Anziehungskraft. Die Masse des Mondes ist achtzigmal geringer als die der Erde, folglich ist auch die Anziehungskraft des Mondes nur gleich einem Achtzigstel der Erdanziehung. Die Masse der Sonne, die 329 000mal größer ist als die der Erde, gibt ihr auch eine 329 000mal stärkere Anziehungskraft, als die Erde besitzt.

Zweitens hängt aber die Kraft, mit der zwei Körper sich anziehen, von ihrer gegenseitigen Entfernung ab. Wächst die Anziehungskraft, wenn die Massen der Körper größer werden, so nimmt sie ab, wenn ihre Entfernungen zunehmen, und zwar vermindert sie sich, wie es wissenschaftlich ausgedrückt wird, mit dem Quadrate der Entfernung. Das will folgendes besagen: Ein Himmelskörper z. B., der von der Sonne doppelt so weit entfernt ist wie die Erde, spürt die Sonnenanziehung nicht etwa zweimal, sondern $2 \times 2 = 4$mal schwächer als die Erde; ist er dreimal so weit entfernt, wird er $3 \times 3 = 9$mal schwächer angezogen uff. —

Wie kommt es denn aber, daß die Planeten nicht geradeswegs in die Sonne stürzen, wirkt von dort aus doch dieselbe Kraft auf sie, die auf Erden einen Stein oder einen Apfel senkrecht zu Boden fallen läßt? Der Grund liegt darin, daß jedem Planeten noch eine eigene, ihrem Ursprung noch uns unbekannte Bewegung innewohnt, die, wenn sie allein wirkte, stark genug wäre, ihn in gerader Linie weit hinaus in den Raum zu führen. So kann die Sonnenanziehung nicht voll zur Geltung kommen und muß sich damit begnügen, dem Planeten in seinem Bestreben, in gerader Linie davonzueilen, immer wieder entgegenzuwirken, und ihn so in eine geschlossene Bahn zu zwingen.

Man kann sich hiervon leicht eine Vorstellung machen, wenn man sich folgendes denkt.

Nehmen wir an, daß in der Mitte des Tisches ein großer, starker Magnet liegt. Legt nun jemand eine eiserne Kugel auf den Tisch hin, so wird die Kugel geraden Weges auf den Magnet zulaufen, wenn

aber jemand die Kugel rollt, so daß sie an dem Magnet vorüberlaufen müßte, so würde die Kugel aus sich selbst in gerader Linie über den Tisch hinlaufen, da aber der Magnet sie in jedem Augenblick anzieht, so wird sie von der geraden Linie abweichen und statt dessen einen Umlauf um den Magneten machen.

Dieser Umlauf rührt also von zwei Kräften her, erstens von der Kraft der Hand, welche die Kugel in gerader Linie fortrollen wollte, und zweitens von der Anziehung des Magneten, der die Kugel in jedem Augenblicke ihres Laufes zu sich heranziehen will.

Wären die Planeten nicht aus sich in Bewegung, so würden sie in der Tat einander immer näher und näher kommen, und da die Sonne eine so überaus starke Anziehungskraft hat, so würden sie alle der Sonne zustürzen und sich mit ihr zu einem einzigen Körper vereinigen.

Da die Anziehungskraft, wie wir sahen, um so stärker wirkt, je näher die anziehenden Körper einander stehen, so läuft der sonnennächste Planet, der Merkur, am schnellsten, nämlich im Durchschnitt etwa 48 km pro Sekunde; dann folgen Venus mit 35, die Erde mit 30, Mars mit 24, Jupiter mit 13, Saturn mit 10, Uranus mit 7 und endlich Neptun mit $5\frac{1}{2}$ km Geschwindigkeit in der Sekunde. — Nun verstehen wir auch, weshalb die Kometen in der Sonnennähe viel schneller als in der Sonnenferne in ihrer langgestreckten Bahn dahineilen; das Newtonsche Gesetz verlangt es so. — —

Und nun noch ein Wort darüber, wie die Astronomen die Entfernung der Sonne von der Erde bestimmen konnten. Um es zu verstehen, braucht ihr euch nur an das zu erinnern, was früher (S. 11) über das Wesen der astronomischen Entfernungsmessung gesagt wurde; daß es nämlich darauf ankommt, die Verschiebung zu messen, welche die uns näheren Himmelskörper den ferneren gegenüber erleiden, wenn wir den Himmel gleichzeitig von möglichst weit auseinanderliegenden Orten aus beobachten. Ferner müßt ihr wissen, daß es ein Gesetz gibt, das dritte Keplersche Gesetz, das im ganzen Sonnensystem die Beziehungen zwischen den Umlaufszeiten und den Entfernungen der Planeten von der Sonne regelt, und aus dem sich u. a. berechnen läßt, daß die Entfernung der Venus von der Sonne, geteilt durch die Entfernung der Venus von der Erde ungefähr $= 5/2$ sein muß. Wenn es nun gelänge, die Entfernung der Venus von der Erde zu bestimmen, so wäre damit auch die Entfernung der Venus von der Sonne durch diesen Bruch ohne weiteres gegeben, und man brauchte hernach

nur diese beiden Strecken zusammenzuzählen, um sofort die Entfernung der Sonne von der Erde zu erhalten.

Nun besitzen wir aber in der Tat ein gutes Mittel, die Entfernung des Planeten Venus von der Erde zu bestimmen, und dieses liefern uns die schon besprochenen Venusdurchgänge. Der englische Astronom Halley, der schon im 17. Jahrhundert hierauf aufmerksam machte, sagt darüber folgendes:

„Vor vierzig Jahren (im Jahre 1677) war ich auf der Insel St. Helena, um daselbst die Sterne des südlichen Himmels zu beobachten. Zufällig ereignete sich in dieser Zeit ein Durchgang des Planeten Merkur vor der Sonnenscheibe. Indem ich diesen mit einem guten Fernrohr beobachtete, bemerkte ich bald, daß sich diese Erscheinungen mit besonderer Genauigkeit verfolgen lassen. Dabei fiel mir ein, daß durch solche Beobachtungen wohl die Entfernung des Merkur von der Erde könnte gemessen werden und daß sich hiernach auch die Sonnenentfernung genau durch Berechnung müßte finden lassen. Allein bei näherer Erwägung erkannte ich sofort, daß der Planet Merkur der Sonne zu nahe und der Erde zu fern ist, um auf diesem Wege zu einem sichern Ziele zu gelangen."

„Aber bei Venus — fiel mir ein — ist dies Verhältnis viel günstiger. Denn dieser Planet kommt der Erde im Moment, wo er als schwarzer Fleck auf der Sonnenscheibe sichtbar ist, viel näher als Merkur. Zwei Beobachter auf verschiedenen Punkten der Erde würden in einem und demselben Augenblick diesen Flecken auf verschiedenen Stellen der Sonnenscheibe erblicken." Und aus diesem Unterschied — meint nun Halley weiter — müsse sich die Entfernung der Venus berechnen lassen, womit dann nach dem dritten Keplerschen Gesetz, wie oben ausgeführt, ohne weiteres auch die Entfernung der Sonne gegeben wäre.

Wirklich haben die späteren Astronomen diesen Vorschlag ausgeführt und durch fleißige Beobachtung der wenigen sich bietenden Venusdurchgänge die Sonnenentfernung recht genau zu bestimmen vermocht.

Doch jetzt müssen wir wahrhaftig auf unseren Weg achten. Wir sind der Sonne bereits dreimal so nahe gekommen, wie wir es auf der Erde waren, und nun steht sie uns als neunmal größere Scheibe am Himmel, als den Menschen daheim und sendet uns auch neunmal

so viel Licht und Wärme zu. Viel näher dürfen auch wir Gedankenreisende ihr nicht kommen, denn sonst würden wir vor lauter Licht — gar nichts mehr sehen. Wir wollen also ein wenig Halt machen und aus sicherer Entfernung diese Weltleuchte einmal näher betrachten. Ein kleines Fernrohr mit dunklem Blendglas als Augenschutz wird uns dabei gute Dienste leisten.

*

10. Eine leuchtende Gaskugel

Nun endlich sind wir an der Quelle all des Lichtes, das den Planetenraum durchflutet; hier ist kein geborgter Glanz mehr, sondern ein immerwährendes Leuchten aus eigener innerer Glut. Und welch furchtbare Hitze muß da herrschen, wo so viel Licht ist. Nach den Messungen der Astronomen beträgt die Temperatur schon an der Oberfläche der Sonne fast 6000 Grad; im Innern des Feuerballes ist sie wahrscheinlich noch viel höher. Was folgt daraus aber für den Zustand der Sonne.

Die etwa neunzig verschiedenen Grundstoffe (chemische Elemente), aus denen die gesamte irdische Natur aufgebaut ist, können drei verschiedene Zustände annehmen, den festen, den flüssigen und den gasförmigen Zustand. Mit wachsender Temperatur geht der feste Zustand allmählich in den flüssigen und dieser schließlich in den gasförmigen über. Wasser z. B. (das allerdings kein Grundstoff ist) erscheint bei einer Temperatur unter 0 Grad fest (Eis); steigt die Temperatur über 0 Grad, so wird es flüssig; überschreitet sie 100 Grad, so geht es in den gasförmigen Zustand über (Dampf). Die Grenze zwischen fest und flüssig liegt hier also bei 0 Grad. Andere Stoffe schmelzen erst bei höherer Temperatur, so das Wachs bei 62, Blei bei 325, Gold bei 1062, Eisen bei 1000—1400, Platin bei 1700 und das seltene Osmiun gar erst bei 2500 Grad; Quecksilber wird schon bei — 39 und Kohlensäure bei — 58 Grad flüssig. Die Temperaturen, bei denen der flüssige in den gasförmigen Zustand übergeht, sind ebenfalls für die einzelnen Stoffe verschieden. So liegt die Grenze für Alkohol bei 78, für Quecksilber bei 357, für Blei bei 1500 und für Kohlenstoff erst bei 3600 Grad. Für einzelne Stoffe liegt diese Grenze bei äußerst niedrigen Temperaturen. Wasserstoff z. B. verdampft schon oberhalb — 243, Luft oberhalb — 191 Grad. Da solche Kältegrade in der irdischen Natur gar nicht auftreten, sondern erst künstlich erzeugt werden müssen, so existieren diese Stoffe auf der Erde überhaupt nur in

gasförmigem Zustande. Herrschte auf der Erde eine Temperatur von etwa 3000 Grad, so würde auf ihr kein Stoff in festem, manche dagegen in flüssigem und viele andere, wie Schwefel, Zink, Blei, nur in gasförmigem Zustande existieren.

Nun ist die Temperatur der Sonnenoberfläche aber noch weit höher, nämlich 6000 Grad. Bei einer solchen Hitze kann kein irdischer Stoff anders als in gasigem Zustande existieren; und da uns die Ergebnisse der Spektralanalyse gezeigt haben, daß die Sonne gleich allen anderen Weltkörpern aus denselben Stoffen aufgebaut ist wie die Erde, so begreifen wir, daß die Sonne überhaupt nur eine Ansammlung von Gasen ist, eine Riesengaskugel.

Aus der Physik ist uns ferner bekannt, daß jeder Körper, wenn er erhitzt wird, bei einer gewissen, ihm eigentümlichen Temperatur, die für die meisten Stoffe bei etwa 500 Grad liegt, zu glühen beginnt. Vorher war er nur deshalb sichtbar, weil er von anderen Lichtquellen beleuchtet wurde, jetzt aber leuchtet er selber. Das Leuchten beginnt mit der Rotglut und steigert sich schließlich bis zur höchsten Weißglut bei etwa 1600 Grad. Es ist für das Auge schon schmerzhaft, den glühendflüssigen Metallstrom anzuschauen, der sich aus der Bessemerbirne ergießt, aber was besagen die hier auftretenden Hitzegrade gegen die Temperatur der Sonne? Welch unvorstellbare Glut und Leuchtkraft muß dort den Gasen innewohnen!

Vielleicht kann sich der Leser ein glühendes Gas nicht vorstellen? Nun, er hat diese Erscheinung trotzdem sicher schon Tausende von Malen gesehen; denn eine Flamme ist ja nichts anderes als ein brennendes und deshalb leuchtendes Gas. Nur haben die Flammen, die wir auf Erden erzeugen können, nicht die hohe Temperatur und den Grad von Weißglut, der auf der Sonne herrscht.

So erwächst uns denn eine erste Vorstellung von der wahren Natur der Sonne: sie ist eine ungeheure, leuchtende Gaskugel, ihre Oberfläche ein wogendes Flammenmeer, beständig genährt an den Gasen von Eisen, Nickel, Kupfer, Silber und vielen anderen der uns bekannten Stoffe.

Was zeigt uns nun das Fernrohr von den gewaltigen Umwälzungen, die immerfort auf der Sonnenoberfläche stattfinden?

Zunächst sehen wir nichts, als eine kreisrunde, strahlend helle Scheibe, das Abbild der Kugelgestalt. Aber bald fällt uns an einer Stelle der Scheibe eine Gruppe dunkler, unregelmäßig begrenzter

Flecke auf, die zu näherer Betrachtung reizen (siehe Abb. 12). Es zeigt sich, daß der einzelne Fleck aus einem sehr dunklen Kern besteht, der von einem etwas helleren Hof, der sogenannten Penumbra (Halbschatten) umgeben ist. Das Ganze bietet oft einen wildbewegten Anblick, indem ganze Lichtgarben aus der Penumbra in den Kern hineinschießen, innerhalb weniger Tage Flecke sich teilen oder vereinigen,

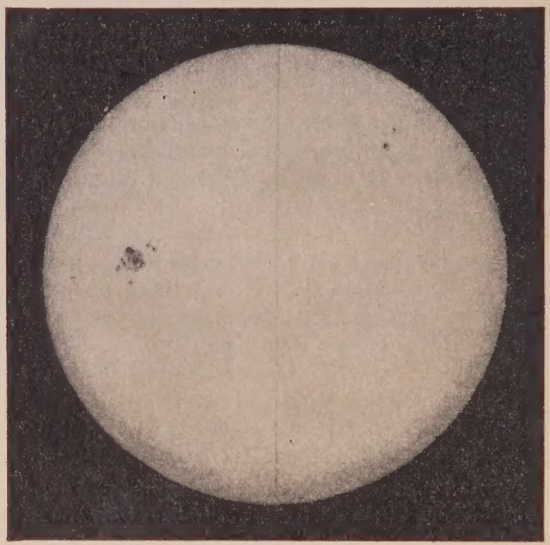


Abb. 12. Sonne mit Fleckengruppe

verschwinden und neu entstehen (Abb. 13). Wir haben es also nicht mit festen, dauernden Gebilden zu tun, sondern vielmehr mit veränderlichen und meistens rasch vergänglichen Erscheinungen. Zuweilen kommt es auch vor, daß die Sonne ganz frei von Flecken ist. Die Astronomen wissen seit mehreren Jahrzehnten, daß die Häufigkeit der Flecken ein bestimmtes Gesetz befolgt; sie treten nämlich immer in Zwischenzeiten von je 11 Jahren besonders zahlreich auf; wir haben dann ein sogenanntes Fleckenmaximum. Ungefähr in der Mitte zwischen zwei aufeinanderfolgenden Maxima liegt jedesmal ein Mini-

mum, d. h. eine Zeit, in der die Fleckenzahl sehr gering ist. Man drückt dies dadurch aus, daß man sagt: die Fleckenhäufigkeit befolge eine elfjährige Periode. Der Grund für diese merkwürdige Erscheinung ist uns noch gänzlich verborgen. Auch über das eigentliche Wesen der Sonnenflecke können uns die Astronomen erst wenig bestimmtes sagen; immerhin scheint heute so viel sicher zu sein, daß die Flecke kühlere Stellen der Sonnenoberfläche sind und mit großen Magnetfeldern in Verbindung stehen, die durch eine Wirbelbewegung elektrisch geladener Gasmassen erzeugt werden. Einzelne Flecke erreichen

Abb. 13. Großer Sonnenfleck

eine ganz erstaunliche Größe. Man hat solche beobachtet, die mehr als 87 000 km im Durchmesser halten, in denen also die Erde bequem siebenmal verschwinden könnte. Wir mögen daraus ermessen, in welch stürmischem Aufruhr sich die Naturkräfte in diesem Feuermeer befinden.

Ein noch großartigeres Beispiel entfesselter Gewalten geben uns die sogenannten Protuberanzen, ungeheure Flammengarben, die mit entsetzlicher Geschwindigkeit emporschießen, manchmal bis zu 450 000 km Höhe, um dann ebenso schnell wieder in sich zusammenzusinken (siehe Abb. 14).

Dabei dreht sich dieser Riesenfeuerball, der 1 300 000 Erdkugeln in sich aufnehmen könnte, in rund 25 Tagen einmal um seine Achse, so

daß wir ihn von allen Seiten zu sehen bekommen. Man erkennt dies daran, daß sich die Flecken gleichsam unter unseren Augen wegbewegen und nach einiger Zeit am Westrande der Sonne verschwinden, um nach etwa 12½ Tagen am Ostrande wieder aufzutauchen. Vielfach überdauert allerdings der Fleck diese Zeit gar nicht; er löst sich wieder auf, ehe eine volle Achsendrehung beendet ist. —

So haben wir denn ein wenig das Spiel der Naturkräfte geschaut,

Abb. 14. Protuberanzen am Sonnenrande

wie es sich unter so ganz anderen Verhältnissen abwickelt, als wir sie auf der Erde verwirklicht finden. Unsere Überlegungen und Wahrnehmungen haben uns so viel vom Wesen der Sonne offenbart, daß uns ihre herrschende Stellung im Planetensystem durchaus begreiflich erscheint. Und dieses Wenige muß für jetzt genügen. Erst wenn wir noch einen Schritt weitergehen und die Sonne selbst als Stern unter Sternen betrachten, wird uns ein tieferes Eindringen in ihre Geheimnisse möglich sein. Hierüber vielleicht in einem anderen Bändchen.

Abb. 15. Polarlicht

Die dargestellte Art ist ein sogen. Draperielicht, das in ein „Band" ausläuft. Diese Form tritt fast nur in arktischen Gegenden auf. Die Farbe ist meist weiß, doch findet man nicht selten auch gelbe, rote und grüne Töne. Die Höhe der Polarlichter schwankt von wenigen bis zu mehr als 200 Kilometern

Nur von einer, und zwar sehr merkwürdigen Erscheinung, will ich meinen Reisegefährten noch berichten. Mancher hat wohl schon etwas über Polarlichter (Nordlichter) gehört oder gar selbst ein solches gesehen. Dann weiß er, daß man darunter jenes flächen-, streifen- oder fächerförmige, zuweilen überaus farbenprächtige Leuchten versteht, das in den höchsten Schichten der Atmosphäre über den beiden Polen der Erde auftritt und oftmals bis weit nach Europa hinein sichtbar wird (Abb. 15). Man wußte schon länger, daß es sich hierbei um eine Art elektrischen Leuchtens handle, bis es schließlich auffiel, daß die Häufigkeit und Stärke der Polarlichter aufs engste mit den Erscheinungen der Sonnenflecke verknüpft waren; ja, man fand, daß besonders große Flecke nicht selten unmittelbar ein starkes Polarlicht hervorriefen. Nun haben wir schon vorhin erfahren, daß in den Sonnenflecken elektrische und magnetische Kräfte im Spiele sind, und so sind denn die Forschungen über diese Dinge bereits so weit gediehen, daß die Astronomen und Geophysiker, die hier eng zusammenarbeiten, mit einiger Bestimmtheit sagen können: Von der Sonne und namentlich von den Sonnenflecken gehen elektrische Strahlen aus, die bei ihrem Zusammentreffen mit den Molekülen der Erdatmosphäre (über Moleküle siehe S. 41) diese zum Leuchten erregen und so die Polarlichter hervorrufen. Gewiß ist im einzelnen hierbei noch vieles rätselhaft; fest steht aber jedenfalls die sehr merkwürdige Tatsache, daß die Erde nicht nur Licht- und Wärmestrahlen, sondern auch elektrische Energie von der Sonne empfängt, und diese elektrische Energie besteht aus wirklichen, elektrisch geladenen, allerkleinsten Stoffteilchen, mit denen die Erde von der Sonne gleichsam bombardiert wird.

Doch jetzt heißt es Abschied nehmen. Wir wollen in weitem Bogen an der Sonne vorbei eilen und den Kurs auf den Planeten Merkur richten, der gegenwärtig, von der Erde aus gesehen, gerade jenseits der Sonne steht.

*

11. Der Planet Merkur

Wir wollen jedoch unsere günstige Stellung so nahe dem Zentrum des ganzen Sonnensystems nicht verlassen, ohne von hier aus einen Rundblick getan zu haben. Da wir auch hier kein Luftmeer um uns haben, das die scharfen Grenzen zwischen Licht und Dunkelheit verwischt, so ist der Anblick des Sternhimmels ähnlich dem, wie wir ihn auf dem Monde hatten. Nur haben wir diesmal nicht auf einem Weltkörper Station gemacht, der durch seine Ausdehnung die eine Hälfte des Himmels unseren Blicken entzieht, sondern im freien Raume, so daß wir, durch nichts behindert, über uns, unter uns und von allen Seiten Sterne sehen. Ja, die Begriffe „oben" und „unten" haben eigentlich überhaupt keinen Sinn mehr für uns, ebensowenig, wie es etwa für einen im Mittelpunkte einer wirklichen Hohlkugel frei schwebenden Menschen ein „oben" und „unten" gäbe.

Es ist gar nicht so leicht, die Planeten aus diesem Gewirr Tausender von Sternen herauszufinden. Sie sind uns zwar außerordentlich viel näher als die Fixsterne, aber das macht sich gar nicht bemerkbar, denn, wie wir schon wissen, scheint es uns so, als ob sich alle Himmelskörper auf einer gemeinsamen Fläche, der Himmelskugel, befänden.

Haben wir aber einmal die Planeten als solche erkannt, so stellen sich ihre Bewegungen, von hier aus gesehen, weit einfacher dar, als von irgendeinem der Planeten selbst, also etwa von der Erde aus. Hätten wir Zeit und Geduld, hier einige Jahre auszuharren, so würden wir mit Leichtigkeit erkennen, daß tatsächlich alle Planeten in einfachen Bahnen die Sonne umkreisen, wozu sie um so mehr Zeit gebrauchen, je weiter sie von der Sonne abstehen. Merkur durchläuft seine Ellipse in rund 88 Tagen, die Erde gebraucht dazu, wie wir wissen, ein Jahr, und Neptun, der fernste Planet, gar 165 Jahre. Dabei liegen sämtliche Bahnen nicht nur, wie schon bekannt, in nahezu derselben gedachten Ebene — ähnlich mehreren, ineinander-

gelegten Ringen auf einer Tischplatte, sondern die Planeten bewegen sich in ihren Bahnen auch stets in gleicher Richtung; d. h. es können sich niemals zwei Planeten begegnen, indem der eine her und der andere hin geht, vielmehr sind sie, wie die Zeiger einer Uhr, stets

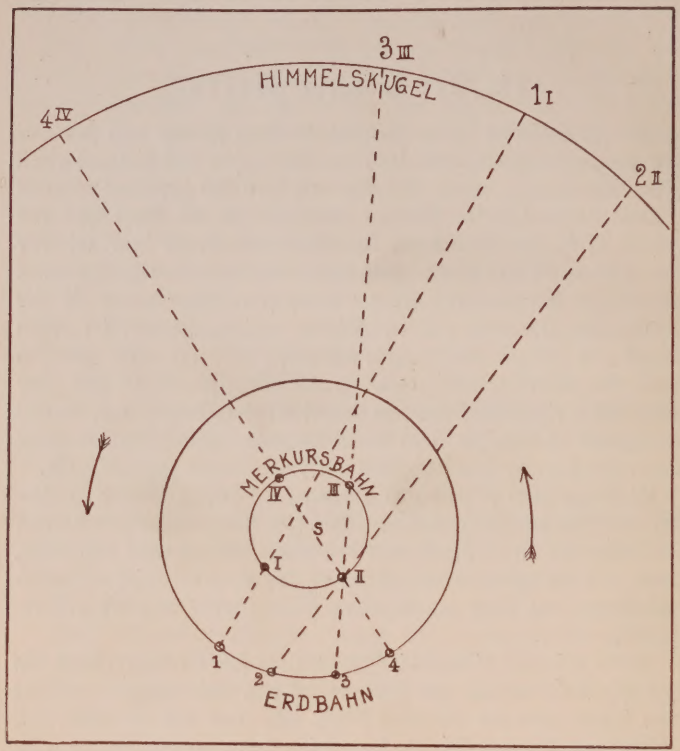


Abb. 16. Wahre und scheinbare Bewegung des Merkur

nach der gleichen Richtung hin in Bewegung, nämlich von West nach Ost.

Aber wie verwickelt und unübersichtlich erscheint dies alles, wenn wir es von der Erde aus betrachten, die selbst an dieser Bewegung teilnimmt. Die obenstehende Abb. 16 wird uns das recht deutlich

machen. Sie greift als Beispiel die Bahn des Planeten Merkur heraus, da wir auf diesen jetzt gerade lossteuern wollen. Ihre Betrachtung mag uns den Weg etwas verkürzen.

Wir erblicken in einem kleinen Kreis einen Punkt mit dem Buchstaben S bezeichnet und denken uns, daß dieser Punkt die Sonne vorstellt. Um diesen Punkt sehen wir den Kreis, der mit den römischen Zahlen I II III IV gezeichnet ist. Dies sei die Bahn, welche Merkur um die Sonne macht.

Nun erblicken wir weiter unten einen kleinen Bogen mit den Zahlen 1 bis 4. — Denken wir uns, dies sei ein Stückchen von der Bahn, welche die Erde um die Sonne macht. Und endlich sehen wir oben das Stück eines großen Kreises, woselbst die Zahlen ein wenig verworrener untereinander stehen. Dies Stück stellt den Teil des Himmelsgewölbes vor, wo man den Lauf des Merkur sehen wird.

Und nun sind wir so weit, uns einmal die Bewegung dieses Planeten anzusehen, erstens wie sie wirklich ist, sodann aber wie sie am Himmel erscheint, wenn während ihres Umlaufs die Erde nicht still steht, sondern auch noch ein Stück ihrer Bahn zurücklegt.

Die Bahn des Merkur, wie sie wirklich ist, sehen wir in dem kleinsten der drei Kreise. Während der Zeit, in der Merkur von I über II und III nach IV herumgeht, geht die Erde auf ihrer Bahn von 1 über 2 und 3 nach 4. In Wirklichkeit also ist das alles sehr einfach und regelmäßig. Allein, wir werden sofort sehen, wie verworren dies einfache Ding *erscheint*.

Denken wir uns, daß Merkur dort steht, wo die römische Zahl I geschrieben und die Erde sich zur selben Zeit da befindet, wo auf dem größeren Kreise gleichfalls 1 verzeichnet ist, so erblicken wir von der Erde aus Merkur oben am Himmelsgewölbe an der Stelle, wo die Zahlen I 1 stehen. Nach einiger Zeit ist die Erde auf dem unteren Bogen das Stück von 1 nach 2 weitergerückt, und in derselben Zeit ist Merkur in seinen Kreis von I nach II gegangen. Nunmehr wird unser Auge von der Erde aus Merkur am Himmelsbogen dort sehen, wo oben im großen Bogen die Zahlen II 2 stehen. Wenn wir uns nun den Lauf des Merkur merken wollen, so werden wir finden, daß er sich am Himmel von der Linken zur Rechten bewegt hat. Nun aber geht die Erde weiter von 2 nach 3, und auch Merkur geht in seinem Kreise von II nach III. Wollen wir aber sehen, wo Merkur jetzt steht, so werden wir eine Linie ziehen müssen von 3, wo die Erde steht, durch

III, wo Merkur steht, nach dem Himmelsgewölbe, und wie wir auf der Zeichnung sehen können, erscheint Merkur in dieser Zeit am Himmelsbogen bei III 3, das heißt, er ist scheinbar, statt wie früher von links nach rechts zu gehen, in 2 stehen geblieben und fing dann an, immer schneller und schneller zurückzulaufen nach I 1, bis er weit hinauskam über diese Stelle, wo er anfangs stand. Er befindet sich jetzt oben am Himmelsbogen in III 3, also links davon I 1 und eine tüchtige Strecke davon entfernt. Er hat also scheinbar erst einen kleinen Weg nach rechts hin unter den Sternen gemacht, dann hielt er an und lief wieder rückwärts ein großes Stück nach links hin.

Geht nun Merkur weiter von III nach IV und die Erde gleichzeitig auch von 3 nach 4, so sieht man ihn von der Erde aus am Himmelsbogen bei IV 4, also noch erheblich weiter nach links. — Wollten wir den wirklichen und scheinbaren Lauf weiter verfolgen, so würden wir sehen, daß Merkur alsbald wieder in seinem Lauf nach links hin innehält und zurückzulaufen anfängt nach rechts, so daß er einen ganz merkwürdigen Weg am Himmelsbogen unter den Fixsternen zu nehmen scheint, der auch nicht die entfernteste Ähnlichkeit mit einem Kreis hat. — Und doch hat der Planet in Wirklichkeit einen regelmäßigen Kreis beschrieben, und die große Verworrenheit seines Laufes ist nur scheinbar und rührt nur daher, daß die Erde, der Standpunkt, von welchem aus wir ihn beobachten, nicht still steht, sondern während der Zeit ebenfalls ein Stück ihres Umlaufes um die Sonne macht. — Und ganz ähnliche Verhältnisse finden wir bei entsprechender Betrachtung der übrigen Planeten.

Vielleicht ahnen wir nun, wie schwierig es für unsere Vorfahren mit ihren unvollkommenen Hilfsmitteln sein mußte, herauszubekommen, daß es sich hier in Wahrheit um sehr einfache Kreisläufe bzw. Ellipsen handle. Es bedurfte dazu vor allem der Erkenntnis, daß nicht die Erde, sondern die Sonne das ruhende Zentrum des Planetensystems ist, und zu dieser Anschauung hat sich — von einzelnen Stimmen aus der antiken Kulturwelt abgesehen — erst das Genie eines Nikolaus Kopernikus († 1543) durchgerungen. Ihm erst verdankt die abendländische Kultur die wissenschaftliche Begründung einer „Weltanschauung", die heute zu ihrem eisernen Bestand gehört. —

Inzwischen sind wir nun dem Merkur nahe genug gekommen, und wir wollen einmal sehen, was uns unser kleines Reisefernrohr von ihm zeigt; denn eine Landung auf diesem nächsten Nachbarn der Sonne

steht nicht in unserem Programm. Viel ist es nicht, was wir sehen; jedenfalls nicht mehr, als den irdischen Himmelsforschern ihre Riesenteleskope enthüllen können.

Der Mailänder Astronom Schiaparelli und nach ihm andere Forscher haben auf Grund ihrer Beobachtungen Karten des Merkur entworfen, auf denen verschiedene Streifen und Flecke verzeichnet sind. Die Natur dieser Gebilde, die übrigens hart an der Grenze der Sichtbarkeit liegen, ist uns jedoch noch gänzlich verborgen. Auch Andeutungen von einer Atmosphäre glaubt man bemerkt zu haben; indessen scheint eine solche — nach anderen Wahrnehmungen zu urteilen — nur von geringer Mächtigkeit zu sein, so daß wir vermutlich, wie beim Monde, unmittelbar auf die feste Oberfläche des Planeten blicken.

Es ist übrigens nicht ausgeschlossen, daß Merkur mit unserem Monde noch eine andere Eigentümlichkeit gemeinsam hat. Wie letzterer in derselben Zeit, in der er einen Umlauf um die Erde macht, sich einmal um seine eigene Achse dreht und infolgedessen der Erde immer dieselbe Seite zukehrt, so scheint der Planet Merkur der Sonne stets dieselbe Halbkugel zuzuwenden. Wenigstens glauben einzelne Astronomen ihre Wahrnehmungen so deuten zu müssen. Allerdings spricht ein wichtiges Bedenken dagegen. Da nämlich die Licht- und Wärmestrahlung der Sonne auf dem Merkur im Durchschnitt fast siebenmal stärker ist, als auf der Erde und dem Monde, so würde die eine, beständig der enormen Sonnenhitze ausgesetzte Seite des Planeten in kurzer Zeit ins Glühen geraten und infolgedessen heller erscheinen als die andere Seite. Ein solcher Unterschied hat sich bis jetzt aber nicht im mindesten gezeigt.

Im übrigen ist Merkur der kleinste von den acht Planeten, die wir bis jetzt kennengelernt haben. Bei einem Durchmesser von 4700 km übertrifft er den Erdmond an Größe nicht allzu sehr, bleibt dagegen hinter Venus und Erde weit zurück. Die Ellipse, in der sich Merkur um die Sonne bewegt, weicht unter den Bahnen der acht Planeten am stärksten von der Kreisform ab. Infolgedessen schwankt die Entfernung des Planeten von der Sonne zwischen 46 und 69 Millionen Kilometern. Das Merkursjahr, d. h. die Zeit, in der er einen vollen Umlauf um die Sonne vollendet, dauert rund 88 Tage, d. i. etwa ein Viertel des Erdenjahres.

Von der Erde aus gesehen, bietet Merkur, ähnlich wie Venus (siehe

Abb. 11), das Schauspiel wechselnder Lichtphasen. Steht er von der Erde aus jenseits der Sonne, so ist er am weitesten von uns entfernt, nämlich rund 220 Millionen Kilometer; er erscheint uns dann am kleinsten, aber dafür sehen wir seine vollbeleuchtete Scheibe. Befindet sich Merkur dagegen ungefähr zwischen Sonne und Erde, so kann er letzterer bis auf 76 Millionen Kilometer nahe sein; in dieser Stellung erscheint uns seine Scheibe am größten, aber wir sehen dann nur eine schmale Sichel von ihr beleuchtet.

Obwohl Merkur für das Auge des irdischen Beobachters unter günstigen Umständen dem hellsten Fixstern, dem Sirius, an Glanz gleichkommt, ist er doch nicht leicht am Himmel aufzufinden, weil er sich immer in Sonnennähe hält und deshalb von der Lichtfülle des Tagesgestirnes überstrahlt wird. Für das bloße Auge ist er überhaupt nur dann sichtbar, wenn er abends östlich oder morgens westlich von der Sonne steht. Im ersten Falle geht er höchstens etwa zwei Stunden später unter, im zweiten Falle ebensoviel früher auf als die Sonne, so daß man ihn immer nur in der Dämmerung zu sehen bekommt. Ein starkes Fernrohr zeigt ihn allerdings auch am hellen Tage, wenn er der Sonne nicht gar zu nahe steht, und tagsüber wird er auch von den Astronomen gewöhnlich beobachtet.

*

12. Ein Blick auf den Mars

Da Mars weiter von der Sonne entfernt ist als die Erde, so müssen wir vom Merkur aus wieder die Bahn der Venus und dann die der Erde kreuzen, um zu jenem Planeten zu gelangen. Die Bahn, in der sich Mars um die Sonne bewegt, ist wie die des Merkur ziemlich elliptisch, so daß die Entfernung des Planeten von der Sonne, die im Mittel 228 Millionen Kilometer beträgt, zwischen 207 und 249 Millionen Kilometer schwankt. Noch viel größeren Unterschieden ist die Entfernung des Mars von der Erde unterworfen. Die beiden Weltkörper können sich bis auf 55 Millionen Kilometer nahe kommen, wenn sie auf derselben Seite der Sonne stehen; sie können sich anderseits um 400 Millionen Kilometer voneinander entfernen, wenn die Sonne zwischen beiden steht. Deshalb ist auch die Helligkeit des Mars bedeutenden Schwankungen ausgesetzt. Unsere Abbildung 17 gibt eine Darstellung dieser Verhältnisse.

Mars gebraucht zu einem Umlauf um die Sonne rund 687 Tage; das Marsjahr ist also beinahe doppelt so lang wie unser irdisches Jahr. Dagegen währt der Tag auf Mars nur 40 Minuten länger als auf Erden, denn der Planet dreht sich in 24 Stunden und 37 Minuten um seine Achse. Blicken wir vom Mars nach der Sonne, so finden wir, daß sie um ein Viertel kleiner im Durchmesser erscheint als auf Erden, und die etwaigen Marsbewohner empfangen von ihr nur halb so viel Licht und Wärme wie wir auf unserem Planeten. Die durchschnittliche Jahrestemperatur wird deshalb niedriger sein, als auf der Erde, wo sie + 15 Grad beträgt; vermutlich liegt sie unter 0 Grad, so daß Wasser im allgemeinen nur in Eisform vorkommen kann.

Dafür lebt man aber sehr leicht auf dem Mars. Seine Kugel ist nur gut halb so groß und aus leichteren Stoffen aufgebaut, wie die der Erde. Deshalb ist seine Masse und somit auch die Anziehungskraft an seiner Oberfläche geringer als auf Erden. Ein Erdenbewohner

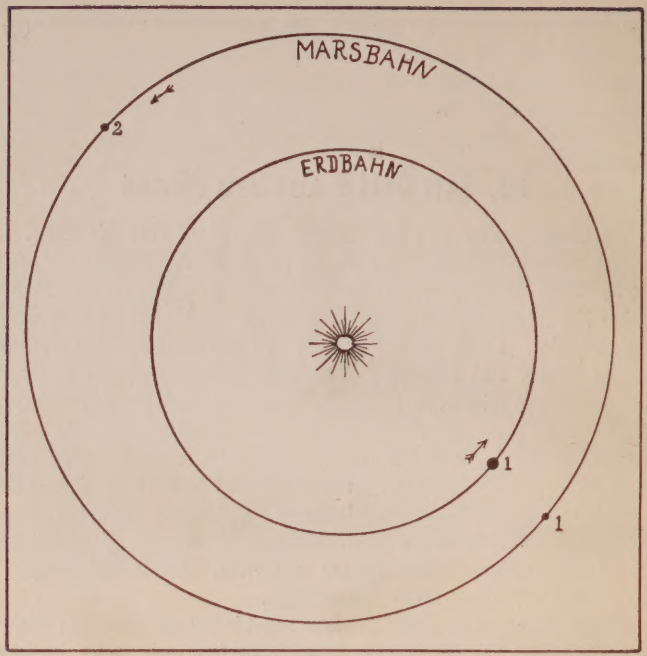


Abb. 17. Die Bahnen von Erde und Mars

In den Stellungen 1 sind die beiden Planeten einander am nächsten. Sonne und Mars stehen auf entgegengesetzten Seiten der Erde, sie sind „in Opposition" zueinander, wie es z. B. im Sommer und Herbst 1924 der Fall war. Mars ist dann die ganze Nacht hindurch als heller Stern zu beobachten. Steht er dagegen in 2, während die Erde sich in 1 befindet, so taucht er in den Sonnenstrahlen unter und erreicht gleichzeitig seine größte Entfernung von der Erde. Diese Stellung, bei der Sonne und Planet auf derselben Seite der Erde weilen, nennt man die Stellung der Konjunktion des Planeten zur Sonne

mit 100 kg Körpergewicht würde diese Last auf dem Mars nicht schwerer empfinden als daheim ein Gewicht von 38 kg.

Besitzt nun der Mars auch eine Lufthülle? Seitdem uns das Beispiel des Mondes gelehrt hat, wie sehr das Antlitz eines Planeten

davon abhängt, ob eine Atmosphäre vorhanden ist oder nicht, muß uns die Beantwortung dieser Frage natürlich von größter Wichtigkeit sein. Tatsächlich ist auch Mars von einer Atmosphäre umgeben, jedoch kennen wir, ebensowenig wie bei Venus, ihre Zusammensetzung. Unentschieden ist vor allem die Frage, ob die Marsatmosphäre auch Wasserdampf enthält, wenngleich die Existenz von Wasser auf dem Planeten durch andere Wahrnehmungen ziemlich gesichert scheint. Wolken sind bisher — wenn überhaupt — nur sehr selten beobachtet worden; ganz im Gegensatz zu Venus, wie uns aus unseren früheren Reiseerfahrungen bekannt ist.

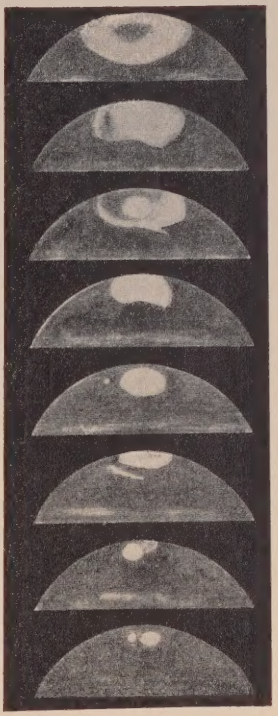


Abb. 18. Polarzone des Mars

Und nun wollen wir selbst einmal schauen, was für Dinge es auf dem Mars zu entdecken gibt.

Zunächst bemerken wir, daß der Planet am Nordpol eine große, weiße Haube besitzt und eine entsprechende, aber kleinere am Südpol. Das erinnert uns lebhaft an den Anblick der Erde vom Monde aus, wo uns die Schnee- und Eisfelder der irdischen Arktis und Antarktis auch in Gestalt weißer Polkappen erschienen. Hat es mit den Polflecken des Mars eine ähnliche Bewandtnis? So ist es in der Tat. Wir beobachten nämlich, wie im Kreislauf der Jahreszeiten, der sich auf Mars ganz ähnlich dem der Erde abspielt, die Größe der Polkappen sich wechselweise ändert. Hat die Nordhalbkugel Winter, so erreicht dort der weiße Fleck seine größte Ausdehnung, während er auf der Südhalbkugel, wo zu derselben Zeit Sommer herrscht, bis auf einen kleinen Rest abgeschmolzen ist, und umgekehrt. Nun glaubt der phantasiebegabte Leser gewiß schon ungeheure Eiswüsten und Schneefelder vor sich zu sehen, indessen, die Sache ist

doch etwas anders. Die Polkappen nehmen nämlich im Winter eine sehr beträchtliche Ausdehnung an, zuweilen bis 2500 km im Durchmesser. Nachdem aber der Sommer ins Land gekommen ist, schmelzen sie oft in verhältnismäßig kurzer Zeit bis auf einen kleinen Rest ab, was mit den riesigen Eismassen der Erdpole niemals geschieht, und dies, trotzdem die Sonnenwärme auf Mars nur halb so groß ist wie bei uns (Abb. 18). Man ist deshalb schon fast zu der Annahme gezwungen, daß es sich hier nicht um eine großartige Vereisung handelt, sondern nur um einen dünnen, reifartigen Überzug, der sich rasch bilden und schon bei geringer Erwärmung ebenso rasch wieder auflösen kann.

Abb. 19. Mars nach photographischen Aufnahmen

Außer den Polkappen bemerken wir jedoch noch verschiedene andere Dinge, und diesen wollen wir jetzt unsere Aufmerksamkeit zuwenden. Zunächst gewahren wir eine Reihe heller und dunkler Flecken, die infolge der Achsendrehung des Planeten langsam unter unseren Augen wegziehen. Mit den Astronomen wollen wir die dunkleren Teile als Meere, die helleren, denen übrigens eine stark rötliche Färbung eigen ist, als Festländer, Landschaften, Inseln usw. bezeichnen. In feineren Einzelheiten wechselt das Bild jedoch stark mit der persönlichen Auffassung des Beobachters, und es läßt sich nicht immer sagen, welche Auffassung die richtige ist. Von diesem Nachteil ist die photographische Aufnahme frei, und wenn sie auch nicht soviel Einzelheiten gibt, wie eine sorgfältige Zeichnung, so läßt sie doch die Großformen der Oberflächengliederung des Mars gut erkennen. Unsere Abb. 19 gibt solche Aufnahmen wieder, sie zeigen die Polarkappe und die wichtigsten Meeresflächen der Nordhalbkugel. Schon in kleineren Fernrohren erkennt man unter günstigen Bedingungen den dreieckigen Zipfel, in dem die dunkle Fläche nach Süden ausläuft, die sog. Syrtis major.

Inzwischen drängt sich uns aber die Frage auf, ob unsere Bezeich-

nungen „Festländer und Meere" überhaupt zu Recht bestehen, und wir nicht vielmehr, wie beim Monde, ganz andere Vorstellungen als die von Land und von Wasser damit verbinden müssen. Allein, diesmal können wir darüber ziemlich beruhigt sein; denn abgesehen von den weißen Polkappen deuten noch andere, sehr merkwürdige Wahrnehmungen auf das Vorhandensein von Wasser auf dem Mars hin.

Im Jahre 1879 bemerkte nämlich Schiaparelli in Mailand, daß die Syrtis major sich nach Osten ausgedehnt und einen Teil der angrenzenden Landschaft Libya überdeckt hatte; das überdeckte Stück war dabei ebenso dunkel geworden, wie Syrtis selbst, und schien ganz in ihr verschwunden zu sein. Fünf Jahre später war die Syrtis major noch weiter vorgedrungen und hatte nun fast ein Drittel der Libya verschluckt. In den folgenden Jahren zog sie sich dann langsam wieder zurück, aber erst um 1896 scheint der frühere Zustand wiederhergestellt gewesen zu sein.

Es ist nicht allzu schwer, diese Vorgänge zu deuten. Was sich in jenen Tagen auf unseren Nachbarplaneten abgespielt hat, ist kaum etwas anderes gewesen, als eine Überschwemmung großen Stiles, eine vorübergehende Überflutung ganzer Landstrecken durch das Meer. Wodurch mag sie veranlaßt worden sein? Handelte es sich um eine vernichtende Naturkatastrophe oder war sie etwa das beabsichtigte Werk denkender Wesen? Wir wissen es nicht, wenn auch der letzten Annahme nur geringe Wahrscheinlichkeit zukommt.

Eine Menge ähnlicher Wahrnehmungen sind im Laufe der Jahre von den Astronomen gemacht worden. Sie zeigen uns jedenfalls, daß der Mars, mag er nun in der Entwicklung hinter der Erde zurück oder — was wahrscheinlicher ist — ihr schon voraus sein, gegenwärtig noch der Schauplatz lebhaften Wirkens der Naturkräfte ist.

Doch Mars bietet uns noch weit mehr des Interessanten und Rätselhaften. Bei sorgfältiger Beobachtung erkennen wir nämlich, wenn auch mit Mühe, eine Menge feiner, dunkler, ganz geradlinig verlaufender Streifen, die wie ein Netzwerk die Oberfläche des Planeten überziehen. Das sind die berühmten „Kanäle", deren Entdeckung durch den schon mehrfach genannten Mailänder Astronomen Schiaparelli vor beinahe fünfzig Jahren die ganze wissenschaftliche Welt in Aufregung versetzten.

Unmittelbar nach dem Bekanntwerden der „Kanäle" tauchte auch schon die Ansicht auf, daß man es hier mit dem Wunderwerk einer

geistig hoch entwickelten Zivilisation zu tun habe. In der Tat kann man sich ja auf den ersten Blick kaum des Eindruckes verwehren, daß es sich um ein planvoll angelegtes System künstlicher Wasserläufe handelt, mit der Bestimmung, die trockenen Landgebiete der Nordhalbkugel aus den — wie es scheint, freilich auch nur seichten — Meeresbecken des Südens zu bewässern.

Leider hält diese Anschauung mit all den Hoffnungen und Aussichten, die sich daran knüpften, einer ernsthaften Überlegung nicht stand. Dagegen spricht nicht nur die Veränderlichkeit, sondern auch die enorme Breite dieser „Kanäle", die sich im Durchschnitt zwischen 20 und 30 km bewegt, in einzelnen Fällen aber 200 km und mehr erreicht. Wozu dies, da doch angesichts der Wasserarmut, die augenscheinlich den Planeten beherrscht, bei der großen Zahl der „Kanäle" jeder einzelne von ihnen nur eine verhältnismäßig geringe Menge Wassers fortzuleiten hätte? Dazu kommt noch die bereits erwähnte, niedrige Temperatur auf Mars, infolgedessen das Wasser unter gewöhnlichen Umständen nur in Eisform auftreten dürfte.

Und nun etwas sehr Merkwürdiges! Vier Jahre nach der Entdekkung der Kanäle bemerkte Schiaparelli auf einmal, daß sich das ganze Netz verdoppelt hatte! Fast jeder Kanal erschien in geringem Abstande von einem zweiten begleitet, der seiner ganzen Länge nach genau parallel neben ihm herlief. Die Verdoppelung war indessen nur vorübergehend, doch ist sie seitdem noch oftmals wieder beobachtet worden.

Bezüglich der wahren Natur der sogenannten Kanäle geht heute die Anschauung vieler Astronomen dahin, daß sie in Form der beschriebenen, schnurgeraden Linien überhaupt nicht existieren, sondern in Wirklichkeit aus einer großen Zahl sehr kleiner, reihenweise angeordneter Flecken bestehen, die das Auge nicht mehr zu trennen vermag und deshalb als zusammenhängende Linien wahrnimmt. Neuerdings vertreten sogar einzelne Forscher mit gutem Grund die Auffassung, daß die ganze Erscheinung lediglich als eine durch Kontrastwirkung hervorgerufene, optische Täuschung zu deuten sei.

Noch eine kleine Überraschung hat Mars für uns in Bereitschaft, aber wir müssen schon genau zusehen, um überhaupt etwas davon zu bemerken. Sie besteht nämlich in zwei winzig kleinen Trabanten, die ihn auf seiner Bahn um die Sonne umkreisen. Diese beiden Mönd-

chen halten wahrscheinlich noch nicht mal 10 km im Durchmesser; sie machen also ihren Namen Phobos und Deimos (zu Deutsch: Furcht und Schrecken; die beiden Begleiter des Kriegsgottes Mars) wenig Ehre.

Deimos ist etwa 23 000 km vom Mittelpunkt des Mars entfernt und umkreist ihn in 1 Tag und 6 Stunden. Phobos steht dagegen vom Marsmittelpunkt nur 9100 km und von der Oberfläche des Planeten gar nur 5800 km ab; trotzdem erscheint er etwaigen Marsbewohnern als 25 mal so kleines Scheibchen wie uns der Mond. Merkwürdigerweise umkreist dieser Trabant seinen Planeten in viel kürzerer Zeit, als dieser sich um seine Achse dreht, nämlich in 7 Stunden 39 Minuten. Überaus reizvoll muß sich der Anblick der rasch wechselnden Phasen ausnehmen; bei Phobos z. B. dauert jedes Viertel noch nicht drei Stunden. Viel großartiger ist allerdings das Schauspiel, das Mars selbst, von diesem Trabanten aus gesehen, darbietet. Da erscheint er nämlich als eine Scheibe von 82mal größerem Durchmesser als uns der Mond. Wenn der untere Rand dieser Scheibe eben den Horizont berührt, so reicht ihr oberer Rand bis halbwegs zum Zenit.

Und damit nehmen wir Abschied von diesem bestbekannten und doch so rätselhaften Planeten.

*

13. Im Planetoiden-Gürtel

Vom Mars aus führt unser Weg durch ein Gebiet, das möglicherweise einmal der Schauplatz des Zerfalls eines oder mehrerer Himmelskörper gewesen ist.

Wir nahen uns nämlich der Zone des Sonnensystems, wo mindestens tausend kleine Planeten ihre Bahnen beschreiben. Dieser Raum wurde noch zu Ende des 18. Jahrhunderts für vollkommen leer gehalten, weil man diese kleinen Wanderer noch nicht entdeckt hatte, vielmehr meinte, daß zwischen Mars und Jupiter kein weiterer Planet vorhanden sei.

Gleichwohl fiel diese Lücke den damaligen Astronomen sehr auf. Der Abstand Merkurs von der Sonne beträgt 58 Millionen Kilometer; hierauf folgt Venus, deren Entfernung kaum noch einmal so groß ist, nämlich 108 Millionen Kilometer. Die Erde ist 150 Millionen Kilometer von der Sonne entfernt, ihre Bahn ist also von der der Venus kaum so weit abliegend, wie die der Venus von Merkur. Mars, der in 228 Millionen Kilometer Entfernung seine Bahn um die Sonne beschreibt, steht von der Erde wiederum nur um einen kleinen Teil seiner Entfernung von der Sonne ab. Nun aber folgte nach den Wahrnehmungen der älteren Astronomen, welche die kleinen Planeten nicht kannten, sofort Jupiter als der Planet — hinter Mars. Jupiter aber ist 778 Millionen Kilometer von der Sonne entfernt, das heißt, seine Entfernung von der Sonne übertrifft die des Mars um mehr als dreimal. — Ein solcher Sprung in den Entfernungen erschien doch zu auffallend, und man neigte der Vermutung zu, daß es in dem Raume zwischen Mars und Jupiter wohl auch ursprünglich einen Planeten gegeben habe, der aber durch irgendeinen Umstand zerstört worden sei.

So überaus kühn diese von dem Berliner Astronomen Bode (1747 bis 1826) sehr ernst ausgesprochene Ansicht auch erschien,

so schnell neigte man sich ihr zu, als am 1. Januar 1801 ein kleiner Planet entdeckt wurde, dessen Bahn zwischen Mars und Jupiter sich befindet, und als man einige Jahre darauf noch drei andere kleine Planeten entdeckte, die alle in jener längst aufgefallenen Lücke ihren Rundgang um die Sonne machen. Es galt nun für ausgemacht, daß an dieser Stelle einmal ein größerer Planet existiert habe, aber durch irgendeine Ursache zersprengt und in einzelne Stücke zerbrochen worden sei, die nun als Trümmer einer Welt um die Sonne wandern.

Dieser Gedanke an einen zerstörten Planeten fand unter den Astronomen und unter den Naturforschern überhaupt zunächst rasch Eingang. Nicht nur wurden die Möglichkeiten aufgeführt, die dieses Zerspringen veranlaßt haben könnten, sondern auch die Frage, ob unserer Erde einmal ein solches Schicksal bevorstehe, fand ernste und andauernde Behandlung. Später kam man jedoch mehr und mehr von dieser Auffassung ab, einmal, weil es an stichhaltigen Gründen fehlte, die eine solche Zerstörung veranlaßt haben könnten, zum anderen, weil ein gemeinsamer Ursprung aller kleinen Planeten schon wegen ihrer Verteilung über den ganzen weiten Raum zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter ausgeschlossen erscheint.

Erst Untersuchungen aus neuester Zeit haben dargetan, daß es doch gewisse Gruppen von kleinen Planeten gibt, deren Bahnverhältnisse auf einen gemeinsamen Ursprung hindeuten, und die wir möglicherweise als Trümmerstücke zerstörter größerer Körper zu betrachten haben. Die Ursachen eines solchen Planetenzerfalls bleiben allerdings vorläufig noch in Dunkel gehüllt.

Ich will nun ganz kurz einiges aus der Entdeckungs- und Beobachtungsgeschichte der kleinen Planeten erzählen, und dann werden wir uns die merkwürdigsten von ihnen etwas genauer ansehen.

Die Entdeckung des ersten dieser kleinen Planeten — Planetoiden nennt man sie auch wohl — geschah unter Umständen, die für die Wissenschaft höchst bedeutungsvoll geworden sind. Infolge der Ungunst des Wetters hatte nämlich der Entdecker, Piazzi in Palermo, nur ein ganz kleines Stück der Bahn beobachten können, und bald darauf gelangte der Planet bei seinem Umlauf von der Erde aus gesehen auf die andere Seite der Sonne, so daß er, obgleich weit hinter ihr stehend, am Himmel doch dicht neben der Sonnenscheibe sich aufhielt und durch ihren Glanz überstrahlt wurde. Wie sollte man den

winzigen Himmelskörper später, wenn die Beobachtungsgelegenheit wieder günstiger geworden war, unter den Tausenden von Fixsternen wiederfinden? Diese Verhältnisse führten den großen Mathematiker und Astronomen Karl Friedrich Gauß dazu, sich dem Problem der Bahnbestimmung zu widmen, und seinem Genius gelang es wirklich, der Schwierigkeiten Herr zu werden und eine Methode zu ersinnen, nach der man aus ganz wenigen Beobachtungen die vollständige Bahn eines Planeten berechnen kann. Da viele Planetoiden so lichtschwach sind, daß man sie nur während der kurzen Zeit, wo sie sich in ihrer Bahn in Erdnähe befinden, beobachten kann, ist damit ihre Überwachung und Wiedererkennung erst möglich geworden.

Abb. 20. Lichtspur des Planetoiden Eros

Das Entdecken kleiner Planeten war früher eine mühsame Arbeit. Zunächst mußte man Karten herstellen, in denen die Fixsterne bis zu den schwächsten herab aufs genaueste verzeichnet waren. Diese Karten hatte man dann später wieder Stern für Stern mit dem Himmel zu vergleichen, bis sich ein Objekt fand, das nicht in der Karte enthalten war, bei ihrer Herstellung also nicht in dieser Gegend des Himmels gestanden hatte. Verfolgte man dieses Objekt eine Weile lang, so zeigte sich, wenn es wirklich ein Planet war, daß es seine Stellung zu den benachbarten Fixsternen langsam änderte, und nun bedurfte es noch einiger genauer Messungen am Fernrohr, etwa an drei oder vier Abenden, um nach dem Gaußschen Verfahren die Bahn des neuen Planeten zu ermitteln.

Heute verfahren die Astronomen anders. Die Gegenden, in der man kleine Planeten vermutet, werden einfach photographiert, wobei man das Fernrohr mit der Kamera durch ein genau reguliertes Uhrwerk der täglichen Bewegung nachdreht. Alsdann bilden sich auf der Platte die Sterne als kleine Scheibchen ab, während ein etwa vorhandener Planet im Laufe der Belichtungszeit natürlich außer der täglichen Bewegung noch seine eigene Bahn verfolgt, und deshalb

auf der Platte einen kleinen Strich gezogen hat, woran man ihn sofort erkennen kann (siehe Abb. 20). Auf diese Weise sind seit den neunziger Jahren viele Hunderte von kleinen Planeten entdeckt worden, hin und wieder bis zu zehn Stück und mehr auf einer Platte. —

Und nun wollen wir die kleinen Rundläufer an uns vorbeiziehen lassen und dabei gelegentlich einige Bemerkungen an den einen oder anderen knüpfen, der von besonderem Interesse ist.

Um zu dem erdnächsten der kleinen Planeten zu gelangen, haben wir es von der Marsbahn aus gar nicht weit, ja wir müßten unter Umständen sogar wieder ein Stück zurückwandern, um ihn schließlich näher bei der Erde als beim Mars anzutreffen. Die halbe große Achse seiner Bahnellipse mißt nämlich 218 Millionen Kilometer, also noch 10 Millionen Kilometer weniger als die des Mars. Die Ellipse ist jedoch stark länglich, d. h. die beiden Brennpunkte liegen weit vom Mittelpunkte entfernt, und da, wie wir wissen, die Sonne in einem derselben steht, ist ihr der Planet, wenn er an diesem vorbeieilt, viel näher, als wenn er sich in der Gegend des anderen aufhält. Seine Entfernung von der Sonne schwankt deshalb zwischen 169 und 267 Millionen Kilometer. Dabei kann er der Erde im günstigsten Falle bis auf 21 Millionen Kilometer nahe kommen. Aber selbst dann ist dieser Planet — er führt den Namen Eros — mit freiem Auge kaum zu sehen; und hiernach zu urteilen, wird er schwerlich mehr als 20 km im Durchmesser halten. Wie mag es sich wohl auf solch einem Weltkörper, der ja kaum mehr ist, als ein recht großer Felsblock, leben?

Und dabei gibt dieses winzige Gestirn den Astronomen die schwersten Rätsel auf. Im Jahre 1901 beobachtete man nämlich, wie seine Helligkeit in einem sich immer wiederholenden Kreislauf von fünf Stunden Dauer auf und ab schwankte, so daß sie in 2½ Stunden um das sechsfache ab- und darauf in derselben Zeit um ebensoviel wieder zunahm. Später verlängerte sich die Periode dieser Lichtschwankungen, und im Jahre 1914 war sie schon auf 7½ Stunden angewachsen. Niemand weiß, was sich hierbei auf Eros abspielt. Haben wir es vielleicht mit einem Doppelplaneten zu tun, dessen beide Teile in fünf Stunden umeinander laufen und sich bei einer bestimmten Stellung zur Erde wechselweise verfinstern? Oder gibt es etwa auf dem Eros spiegelnde Flächen, die das Sonnenlicht besonders intensiv reflektieren und infolge einer Achsendrehung des Planeten bald der

Erde zu-, bald von ihr abgewandt sind? Wir können nur hoffen, daß zukünftige Beobachtungen das Geheimnis entschleiern werden. —

Zweihundert Millionen Kilometer weiter, und wir treffen auf die Bahn eines der zuerst entdeckten Planetoiden, der Vesta. Hier beginnt schon die Zone, wo sich die kleinen Planeten zu Hunderten, ja vielleicht zu Tausenden häufen, und weitereilend kreuzen wir auch bald die Bahnen der drei am längsten bekannten von ihnen, Ceres, Pallas und Juno. Hier haben wir es schon mit ansehnlicheren Weltkörpern zu tun, denn nach den Messungen in einem der modernen Riesenfernrohre betragen die Durchmesser der drei letztgenannten Planeten 760, 490 bzw. 190 km. Die Bahn der Pallas liegt übrigens gar nicht in der allgemeinen Ebene des Planetensystems; zur einen Hälfte erhebt sie sich darüber, zur anderen verläuft sie unterhalb derselben, und dies sehr beträchtlich. Dasselbe gilt von einer großen Zahl anderer Planetoiden. Auch sind die Bahnen dieser Körper z. T. keineswegs so nahe kreisförmig, wie es bei den meisten der großen Planeten der Fall ist. Zum Beispiel ist die Bahn des Planeten Nr. 475 Occlo so lang gestreckt, daß seine Entfernung von der Sonne zwischen 240 und 536 Millionen Kilometern schwankt; und noch weit größer sind die Unterschiede bei den Planeten Albert und Alinda, die in ungefähr vier Jahren einmal um die Sonne laufen.

Noch ein wenig mehr jupiterwärts zieht ein ganz kleines Planetchen seine Bahn. Es führt in der Reihe der Entdeckungen die Nummer 452 und den stolzen Namen Hamiltonia. Nach seiner Helligkeit zu urteilen hat es einen Durchmesser von kaum 5 km, stellt also wirklich nicht mehr vor als einen tüchtigen Erdsplitter, bei dem man von einer Kugelgestalt wohl nicht mehr sprechen kann.

Und nun müssen wir einen großen Sprung machen, der uns bis an die Bahn des Jupiter bringt, denn hier draußen bewegt sich noch eine kleine Gruppe von Planetoiden, die fernsten, von denen wir bis jetzt Kunde erhielten. Mit ihnen hat es eine besondere Bewandtnis. Sie dürfen nämlich ja nicht dem Jupiter zu nahe kommen, denn sonst würde dieser Riesenplanet mit seiner gewaltigen Anziehungskraft sie einfach aus ihrer Bahn reißen und sie zwingen, sich als Monde um ihn zu drehen. Nur eine Möglichkeit gibt es für sie, dem zu entrinnen: jeder dieser Körper muß sich in seiner Bahn so bewegen, daß er stets mit Jupiter und Sonne die Ecken eines gleichseitigen Dreieckes bildet; und so geschieht es denn auch in der Tat.

Natürlich ist Jupiter beständig bemüht, auch die anderen kleinen Planeten aus ihrer Bahn zu zerren, sie zu stören, wie die Astronomen sagen. Aber wegen ihrer größeren Entfernung ist sein Einfluß auf sie viel geringer; freilich immer noch stark genug, ihre Bahnen fortwährend zu verändern, so daß die Astronomen wieder und wieder rechnen müssen, um alles hübsch unter Kontrolle zu halten. — —

So sind wir denn schon an der Bahn des Jupiter angelangt. Von Langeweile haben wir auf der weiten Fahrt vom Mars bis hier, dank der Unterhaltung, die uns die kleinen Planeten gewährten, nichts gespürt. Jetzt brauchen wir nur noch ein Stück längs der Jupiterbahn hinzueilen, um auf den Planeten selbst zu treffen.

*

14. Das Jupiter-System

Nun haben wir ihn vor uns, diesen Riesen in der Gefolgschaft der Sonne. Eine Weltkugel von 142 000 km Durchmesser zieht er seine weite Bahn, die ihn in 778 Millionen Kilometern Entfernung um die Sonne herumführt. Fast zwölf Jahre braucht er, um nur einen einzigen Umlauf zu vollenden.

Freilich, der Sonne gegenüber ist auch Jupiter nur ein Zwerg; beinahe tausendmal könnte er in ihrem Innern Platz finden. Anders dagegen, wenn wir ihn mit der Erde vergleichen. Um eine Kugel wie die des Jupiters herzustellen, müßte man 1289 Kugeln so groß wie die Erde zu einer einzigen Kugel zusammenballen, und das ist keine Kleinigkeit. Da aber Jupiter nicht kompakt wie die Erde, sondern aus einem Stoff zusammengesetzt ist, der durchschnittlich etwa viermal loser ist als der Stoff unserer Erde, so wird es nur 318 Erdkugeln bedürfen, um die Kugel Jupiters aufzuwiegen; das heißt: wenn Jupiter in einer Schale einer Wage läge, so würden 318 Erdkugeln in die andere Schale gelegt ausreichen, um ihm das Gleichgewicht zu halten.

Obgleich Jupiter an 780 Millionen Kilometer von der Sonne entfernt ist und die Erde ihm deshalb selbst im günstigsten Falle nur bis auf etwa 600 Millionen Kilometer nahe kommen kann, ist er doch einer der Planeten, die von der Erde aus mit gutem Erfolg erforscht worden sind. Man kennt ihn in allen Beziehungen weit genauer als Venus, die doch zuweilen nur 40 Millionen Kilometer von der Erde absteht.

Der Grund hierfür läßt sich auch leicht einsehen. Wenn Venus uns am nächsten ist, steht sie zwischen Sonne und Erde und wendet uns ihre dunkle Seite zu, auf der wir nichts beobachten können. In Erdferne dagegen erscheint sie so klein, daß die Wahrnehmung bestimmter Einzelheiten die größten Schwierigkeiten bereitet.

Bei Jupiter ist es anders. Wenn die Erde ihm am nächsten ist,

dann steht sie zwischen Jupiter und Sonne. Jupiter geht dann im Osten auf, wenn die Sonne untergeht, er wendet uns seine voll beleuchtete Hälfte zu und verweilt die ganze Nacht hindurch als heller und leicht zu beobachtender Stern am Himmel.

Merkwürdig ist es nun, daß man den Jupiter schon in einer einzigen solchen Nacht von allen Seiten kennen lernen kann. Die Jupiterskugel dreht sich nämlich in 9 Stunden und 50 Minuten um ihre Achse und zeigt uns so beide Hälften in einer Zeit, wo man auf Jupiter nicht viel mehr als ein Drittel der Erdumdrehung beobachten könnte.

Was ist aber die Folge einer so raschen Achsendrehung? Ein Blick auf Jupiter läßt es uns sogleich erkennen. Der Planet ist nämlich nicht genau kugelförmig, sondern erscheint an den Polen ein wenig zusammengedrückt, am Äquator dagegen etwas ausgebaucht, ungefähr so, wie eine schöne glatte Tomate. Die Astronomen nennen dies die Abplattung der Planetenkugel. Auch die Erde ist abgeplattet, aber längst nicht so stark wie Jupiter. Die Abplattung ist einfach eine Folge der Fliehkraft und deshalb um so stärker, je größer die Drehgeschwindigkeit des Planeten ist. Ja, wenn die Schwerkraft nicht alles, was sich auf der Kugel befindet, festhielte, so würden diese Dinge einfach davongeschleudert werden, und zwar am ehesten dort, wo der Umschwung am stärksten ist, nämlich längs des Kreises, den man sich genau in der Mitte zwischen den beiden Polen um die Kugel gelegt denken kann, und das ist eben der Äquator.

Die Abplattung muß sich bei einem Planeten schon gebildet haben, als er sich noch, wie es vor vielen Millionen von Jahren auch mit der Erde der Fall war, in weichem glutflüssigem Zustande befand, so daß seine einzelnen Teile der Fliehkraft eher nachgeben konnten. Die Form, welche die Kugel hierbei annahm, blieb dann auch später erhalten, nachdem sie sich infolge der beständigen Abkühlung mit einer festen, starren Oberflächenkruste überzogen hatte.

Bei der Jupiterkugel ist die Abplattung so stark, daß sein Durchmesser zwischen den Polen um 10 000 km kürzer ist als der in Richtung des Äquators.

Wie wir schon wissen, hängt die Anziehungskraft außer von der Entfernung auch noch von der Masse der anziehenden Körper ab. Nun ist die Masse des Jupiters zwar immer noch an tausendmal geringer als die der Sonne, andererseits übertrifft sie aber die Masse

aller übrigen Planeten zusammengenommen um mehr als das zweieinhalbfache. Muß er sich deshalb auch dem Regiment der Sonne fügen, so bemüht er sich doch wenigstens nach Kräften, ihr die anderen Planeten abspenstig zu machen, indem er sie bald hier, bald da aus ihrer ordentlichen Bahn herauszuzerren sucht; und es unterliegt keinem Zweifel, daß alle übrigen Planeten, wenn die Sonne plötzlich aus ihrer Mitte verschwände, sogleich begännen, sich um den Jupiter zu bewegen.

Indessen hat Jupiter seine gewaltige Anziehungskraft doch nicht ganz umsonst. Er herrscht nämlich über ein eigenes Reich, ein Sonnensystem im kleinen, das aus nicht weniger als neun Monden besteht, die ihn auf seiner Fahrt um die Sonne begleiten. Die vier größten dieser Monde sind den Astronomen schon seit den Tagen Galileis bekannt, der sie im Jahre 1610 beim ersten Blick durch das eben erfundene Fernrohr entdeckte. Alle vier sind recht ansehnliche Weltkörper; denn drei von ihnen übertreffen an Größe den Erdmond und zwei sogar den Planeten Merkur. Die Durchmesser sind:

Trabant I	3950	Mill. km
„ II	3290	„ „
„ III	5730	„ „
„ IV	5380	„ „

Man kann sie von der Erde aus schon in ganz kleinen Fernrohren sehen; ihre Scheibenform kommt jedoch erst in großen Teleskopen zum Vorschein.

Diese Monde bewegen sich natürlich nach denselben Gesetzen um den Jupiter, wie dieser und die anderen Planeten um die Sonne. Die Bahnen, in denen sie den Jupiter umkreisen, liegen fast genau in derselben Ebene, in der auch Jupiter und die Erde um die Sonne laufen. Infolgedessen scheinen uns die vier Monde stets in einer geraden Linie nebeneinander zu stehen, aber wegen ihres Umlaufs in täglich wechselnder Reihenfolge beiderseits der Jupiterscheibe. Ihre wirklichen Entfernungen vom Jupiter sind ziemlich beträchtlich, nämlich 420 000 Kilometer beim ersten, 670 000 beim zweiten, 1 070 000 beim dritten und 1 880 000 beim vierten Trabanten. Dabei läuft Trabant I in 1.8, II in 3.6, III in 7.2 und IV in 16.7 Tagen um den Planeten herum, alle vier also trotz ihrer größeren Entfernung viel schneller als unser Mond um die Erde.

Da Jupiter an sich ein finsterer Körper ist und nur, wie alle Pla-

neten, von der Sonne beleuchtet wird, so tritt häufig der Fall ein, daß einer der Monde derart vor Jupiter steht, daß er einen Schatten auf ihn wirft, und somit eine Sonnenfinsternis für die gedachten Jupiterbewohner hervorruft. In solchen Fällen, die von der Erde aus genau beobachtet werden können, sieht man ein schwarzes rundes Fleckchen, den Schatten des Mondes, auf der hellen Jupiterscheibe langsam vorüber ziehen. Häufig erblickt man den Mond selber nicht weit davon als etwas helleres Fleckchen vor der Jupiterscheibe.

Da aber auch die Monde dunkel sind und nur von der Sonne ihr Licht erhalten, so sieht man auch diese oft verfinstert, nämlich wenn sie hinter Jupiter oder in dessen Schatten kommen. Sie verschwinden dann plötzlich dem Auge, und werden erst wieder sichtbar, sobald sie aus dem Schatten des Planeten heraustreten.

Dieser stete Wechsel bietet schon von der Erde aus gesehen einen hübschen Anblick; noch viel reizvoller aber muß das alles für einen Beobachter auf Jupiter selbst erscheinen. Denn hier kommt noch bei allen vier Monden der beständige Phasenwechsel hinzu, wobei die einzelnen Viertel wegen der raschen Bewegung der Trabanten einander viel schneller ablösen, als beim Erdmond. Und dabei zeigen sie sich dem Beschauer als ganz ansehnliche Lichtscheiben; einer erscheint um ein Viertel größer, zwei andere um ein Drittel kleiner und der letzte um zwei Drittel kleiner im Durchmesser als uns der Erdmond. Zuweilen mag es vorkommen, daß alle vier Monde gleichzeitig am Himmel stehen, vielleicht der eine im ersten, der andere im letzten Viertel, ein dritter als schmale Sichel und der vierte als Vollmond gerade im Begriff, sich zu verfinstern; ein Anblick, der uns ganz fremdartig vorkommen würde.

So eindrucksvoll nun diese vier großen Monde sind, um so unbedeutender bleiben die anderen fünf. Einer von ihnen steht dem Jupiter besonders nahe; in rund 110 000 km Entfernung von der Oberfläche des Planeten umkreist er diesen in weniger als zwölf Stunden. Von der Erde aus sieht man ihn nur in großen Teleskopen, und sein Durchmesser wird kaum 200 km betragen.

In weiter Ferne vom Zentralkörper ziehen die vier letzten Monde ihre Bahn. Sie sind so lichtschwach, daß man sie auch vom Jupiter aus schwerlich mit freiem Auge sehen wird. Der äußerste von ihnen ist mehr als 25 Millionen Kilometer von Jupiter entfernt und gebraucht zu einem Umlauf um den Planeten nahezu 26 Monate. Dieses

Möndchen ist besonders deshalb interessant, weil es in entgegengesetzter Richtung läuft wie die anderen Monde oder wie die Planeten die Sonne umkreisen. Es befindet sich jedenfalls schon nahe der Grenze von Jupiters Herrschbereich; möglicherweise hat es früher einmal zu den kleinen Planeten gehört und kam eines Tages dem Jupiter unglücklicherweise zu nahe, so daß es von ihm eingefangen wurde. Vielleicht glückt es ihm noch mal, seinen Fesseln zu entrinnen und wieder ein selbständiger Planet zu werden.

Damit haben wir nun die Ausdehnung und äußere Verfassung des Jupiterreiches kennengelernt; aber als wißbegierigen Reisenden und gründlichen Forschern genügt uns das nicht, und so wollen wir denn, ehe die Reise weitergeht, versuchen, wenigstens einen kurzen Blick in seine inneren Verhältnisse zu tun.

*

15. Geheimnisse des Riesenplaneten

Um alles recht überblicken zu können, wählen wir uns als Standort einen Punkt in der Bahn des jupiternächsten der vier großen Monde. Auf einem dieser Monde selbst abzusteigen, getrauen wir uns nicht recht, denn wir wissen nicht, wie es uns dort ergehen wird. Vor allem scheint es, daß wenigstens zwei von ihnen — ganz unähnlich unserem Monde — sich einer Atmosphäre erfreuen, die mit dicken, weißen Wolken beladen ist und uns jeden Ausblick verwehren würde. Die Astronomen glauben dies daraus schließen zu müssen, daß die Monde von dem empfangenen Sonnenlicht einen so hohen Betrag zurückwerfen, wie es nicht der Fall sein könnte, wenn die Strahlen der Sonne direkt auf die feste, dunkle Oberfläche der Mondkugeln fielen. Letztere bekommen wir deshalb wahrscheinlich überhaupt nicht zu sehen.

Es scheint aber, daß in der Wolkendecke hin und wieder eine Lücke entsteht, wobei dann einzelne Stellen der festen Oberfläche des Mondes sichtbar werden. Zwar kann man dies von der Erde aus nicht unmittelbar beobachten, aber es muß sich doch darin zeigen, daß die Gesamthelligkeit des Mondes geringer wird, weil ja die hellstrahlende Wolkendecke stellenweise die erdfarbene Oberfläche freigegeben hat, die weniger Licht zurückwirft und mehr verschluckt. Und dies ist in der Tat beobachtet worden: alle vier Monde zeigen auffällige Helligkeitsschwankungen, die im einzelnen sehr verwickelt und häufigen Änderungen unterworfen sind. Einzelne Astronomen glauben sogar, dunkle Flecke auf den Monden wirklich bemerkt zu haben, aber hier kann es sich auch um Täuschungen handeln, denn die Scheibchen der Monde sind, von der Erde aus gesehen, sehr klein und äußerst schwierig zu beobachten.

So bieten uns denn schon die Trabanten des Jupiter genug des Neuartigen und Rätselvollen, und ihr würdet euch wundern, wenn ihr einen Blick in die wissenschaftlichen Abhandlungen der Astrono-

men mit ihren langen Reihen von mathematischen Formeln und Zahlen tun könntet, deren sie bedurften, um nur die Anziehungskräfte zwischen den vielen Monden und ihre Wirkung auf deren Bahnen zu überblicken. — In einem Punkte jedoch sind die Jupitertrabanten wahrscheinlich dem Erdmonde ähnlich: auch sie kehren, wie man mit Grund annimmt, ihrem Planeten immer dieselbe Seite zu, so daß Achsendrehung und Umlaufsbewegung in eins zusammenfallen.

Nun aber genug von den Monden; blicken wir uns jetzt ein wenig am Himmel um! Die Sonne tritt in diesen Fernen schon viel bescheidener auf, ihre Scheibe ist fünfmal kleiner, ihre Licht- und Wärmestrahlung 27mal geringer als daheim auf der Erde. Trotzdem leuchtet sie uns auch hier noch 17 000mal heller als auf Erden der Vollmond.

Aber die Sonne reizt uns jetzt nicht; denn der Anblick des Planeten Jupiter ist so großartig, daß andere Eindrücke gar nicht dagegen aufkommen können. Eine blendend helle Scheibe, vierzigmal größer als der Vollmond in irdischen Nächten, steht er am dunklen, sternbesäten Himmel, und deutlich erkennt man an seinen Flecken und Streifen schon nach wenigen Minuten, wie sich die Riesenkugel um ihre Achse dreht.

Schon bald erkennen wir, daß wir es beim Jupiter mit ganz anderen Erscheinungen zu tun haben, als etwa auf dem Erdmonde oder dem Mars. Denn die eigentliche Planetenkugel mit ihrer Oberflächengestaltung bekommen wir — das wird uns bald klar — überhaupt nicht zu Gesicht; sondern was wir sehen, ist nur ein ungeheures Gewoge von Wolken, die in der riesig ausgedehnten Atmosphäre des Jupiter schweben.

Zunächst bemerken wir beiderseits des Aquators eine Anzahl paralleler, dunkler Streifen, deren Aussehen und Gestalt fortwährenden Änderungen unterliegt. Die Astronomen glauben heute, daß dies Lücken sind, die uns einen Durchblick zwar nicht bis auf die Oberfläche selbst, aber doch in tiefer gelegene Schichten der Wolkendecke gewähren (vgl. die nebenstehenden Zeichnungen Abb. 21). Neben diesen Streifen erkennen wir noch eine Menge hellerer oder dunklerer Flecken, die sich ebenso wie jene nach Lage und Form beständig verändern.

Die Atmosphäre selbst, in der alle diese Gebilde schwimmen, enthält nach den Beobachtungen der Astronomen jedenfalls Wasserdampf,

so daß es dem Jupiter auch an flüssigem Wasser jetzt oder in kommenden Zeiten kaum mangeln wird. Aus sehr feinen physikalischen Messungen, auf die wir hier nicht eingehen wollen, folgt aber weiter, daß die Jupiteratmosphäre außerdem einige noch ganz

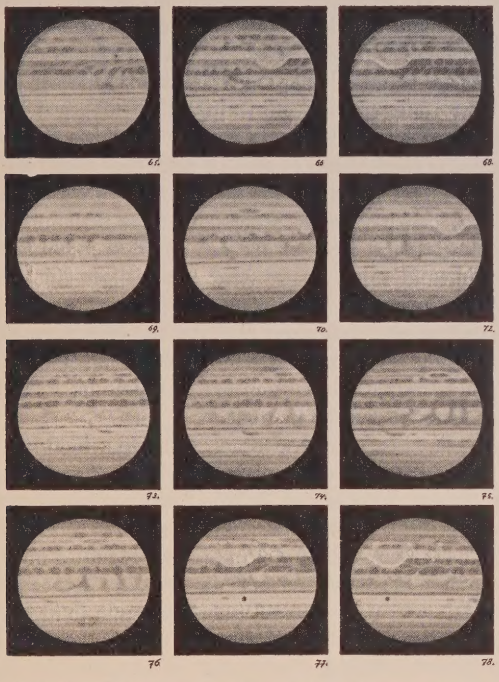


Abb. 21. Zeichnungen des Planeten Jupiter von Fauth

rätselhafte Gase enthält, die uns auf der Erde oder einem der anderen Planeten diesseits Jupiters — wenn sie überhaupt dort existieren — bis jetzt gänzlich verborgen geblieben sind.

Nach der Schnelligkeit, mit der die gewaltigen Wolkenbänke sich oft verändern, muß die Jupiteratmosphäre von Stürmen durchtost sein, gegen die alles, was wir darin auf Erden erleben, ein Kinder-

spiel ist. Es sind hier jedenfalls Kräfte an der Arbeit, deren Gewalt und Ungestüm nur noch von den Vorgängen auf der Sonne übertroffen werden.

Könnten wir doch einmal einen Blick auf die eigentliche Jupiterkugel werfen, die zweifellos viel kleiner ist, als der Riesenball, den uns die Wolkenhülle vortäuscht. In welchem Zustande mag sich diese Kugel befinden? Ist sie schon erkaltet, mit einer festen Kruste bedeckt, auf der das Meer unter ewig wolkendüsterem Himmel seine Küsten bespült, oder kämpfen noch glutflüssige Massen gegen die drohende Umklammerung durch eine starre Rinde? Alle diese Fragen sind für uns ebensoviele Rätsel, und es wurden ihrer noch mehr, als die Astronomen im Jahre 1878 ein höchst merkwürdiges Ereignis auf Jupiter beobachteten, dessen Spuren heute noch nicht verwischt sind.

Damals zeigte sich nämlich auf der südlichen Halbkugel des Planeten ein intensiv roter, ovaler Fleck von riesiger Ausdehnung, der sich scheinbar in einen der dunklen Streifen hineindrängte und sehr langsam weiterrückte. Jahrelang hielt sich das Gebilde in dieser Form, bis es mehr und mehr verblaßte und endlich fast ganz verschwand. Seine Lage ist aber heute noch an der Ausbuchtung zu erkennen, die es in dem Streifen hinterlassen hat.

Was es mit diesem roten Fleck auf sich hatte, ist heute noch nicht geklärt. Wohl sprachen einige Astronomen die Vermutung aus, es habe damals auf Jupiter eine örtliche Lavaüberflutung der eben erst fest gewordenen Oberfläche stattgefunden, und der rote Fleck sei nichts anderes, als der feurige Widerschein dieses Ereignisses in der Wolkenhülle des Planeten; aber es gelang ihnen nicht, strenge Beweise für die Richtigkeit ihrer Auffassung beizubringen, und so ist der rote Fleck eben das geblieben, was leider noch so manches andere an diesem Planeten ist — ein Rätsel.

Bevor wir vom Jupiter Abschied nehmen, müssen wir noch eines merkwürdigen Umstandes gedenken, der sich uns bei einem Aufenthalt auf dem Planeten mit der Zeit offenbaren würde. Es gibt dort nämlich im Gegensatz zu Erde und Mars keinen Wechsel der Jahreszeiten; und dies liegt einfach daran, daß die Achse, um die sich Jupiter dreht, fast genau senkrecht auf der Ebene seiner Umlaufsbahn steht. Infolgedessen treffen die Sonnenstrahlen jeden Punkt der Jupiterkugel stets unter demselben Winkel. Am Äquator fallen sie das ganze Jupiterjahr hindurch senkrecht ein; die Sonne

steht dort immer im Scheitelpunkt des Himmels. Die beiden Pole dagegen werden von ihren Strahlen gerade gestreift; für sie hält sich die Sonne stets ganz tief am Horizont. Anders dagegen auf Erde und Mars. Bei diesen beiden Planeten stehen die Drehungsachsen schief zur Ebene der Bahn, wie dies für die Erde unsere Abb. 22 veranschaulicht. Befindet sich die Erde in der Figur rechts von der Sonne, so ist die nördliche Halbkugel auf sie zu-, die südliche von ihr weggerichtet, so daß die Sonnenstrahlen auf jener ziemlich steil, auf dieser viel schräger einfallen. Je steiler sie aber auftreffen, um so stärker

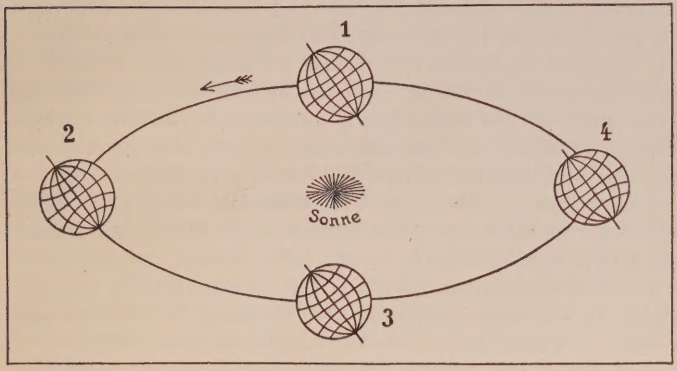


Abb. 22. Zur Entstehung der Jahreszeiten

ist ihre Licht- und Wärmewirkung. Infolgedessen hat bei dieser Stellung der Erde die Nordhalbkugel Sommer, die Südhalbkugel Winter, und umgekehrt ist es ein halbes Jahr später, wenn die Erde in der Figur links von der Sonne steht. In den beiden dazwischen liegenden Stellungen verschwinden die Unterschiede zwischen Nord und Süd, weil dann die beiden Halbkugeln einander nichts voraus haben; auf der nördlichen ist Frühling, auf der südlichen Herbst oder umgekehrt.

Sucht euch dies einmal recht deutlich vorzustellen, und macht euch dabei klar, daß auf dem Jupiter wirklich die vorhin geschilderten Verhältnisse herrschen müssen, wenn seine Drehungsachse nicht schief, sondern senkrecht zur Bahn steht. Wenn ihr es nicht sofort versteht, legen wir gern eine kleine Pause ein, ehe wir uns neuen Dingen zuwenden.

*

16. Kometenschicksal

Wir wollen diese Region des Sonnensystems nicht verlassen, ohne uns noch einmal nach einer Klasse von Himmelskörpern umgesehen zu haben, die wir seit unserem ersten Zusammentreffen mit einem der ihrigen in der Nähe der Venus aus den Augen verloren haben — nämlich nach den Kometen. Denn hier in der Gegend der Jupitersbahn dürfen wir am ehesten hoffen, den einen oder anderen aus ihrer Schar zu erblicken, und das aus einem Grunde, den uns die merkwürdige Geschichte eines älteren Kometen veranschaulichen mag.

Dieser Komet, der im Jahre 1770 beobachtet wurde, zeigte äußerlich nichts besonderes, aber seine Bahn blieb den Astronomen zunächst ein großes Rätsel. Und die Lösung dieses Rätsels, die ihnen nach mühevoller Rechenarbeit schließlich doch gelang, brachte ihnen zugleich höchst lehrreiche Aufschlüsse über Vorgänge, die sich unter Umständen in ungesehenen Fernen des Raumes ereignen können.

Der Komet war nämlich in seinem Lauf sehr genau beobachtet worden, und nach sorgfältigen Berechnungen ergab es sich, daß er die unerwartet kurze Umlaufszeit von fünf Jahren und sieben Monaten habe. — Allein dies Resultat war höchst merkwürdig. Ist es möglich, daß ein so deutlich erscheinender Komet, der alle fünf Jahre in die Sonnennähe kommt, nicht früher gesehen worden sein sollte? — Noch rätselhafter jedoch war es, daß er nunmehr wiederum unsichtbar wurde und weder im Jahre 1776 noch später im Jahre 1781 zur berechneten Zeit eintraf. — Es blieb nichts übrig, als sowohl die Beobachtungen wie die Berechnungen nochmals vorzunehmen, zu korrigieren und zu revidieren; allein es führte zu nichts. Die Bahn blieb dieselbe, die Rechnungen stimmten überein, und doch mußte irgendwo ein Fehler vorhanden sein, oder sollte man annehmen, einen neuentstandenen Kometen vor sich zu haben, der nur ein einziges Mal seine Reise um die Sonne machte, um sich dann wieder aufzulösen?

Endlich begann man auf Grund der vorhandenen Beobachtungen

rückwärts zu rechnen, um zu sehen, wo der Komet vor seinem Erscheinen hergekommen sein möge, und da fand sich denn folgendes:

Ursprünglich hatte dieser Himmelskörper eine ganz andere Bahn als die, welche er im Jahre 1770 zeigte; allein als er auf dem Wege zur Sonnennähe war, ging er im Jahre 1767 sehr nahe am Planeten Jupiter vorbei, und die Anziehung Jupiters änderte seine Bahn derartig, daß er eine ganz neue bekam und wirklich in dieser den beobachteten Umlauf von fünf Jahren und sieben Monaten erhielt. In dieser neuen Bahn verblieb er auch und machte noch einmal seinen Rundlauf. Er kam hierbei in der Tat im März 1776 wieder in die Sonnennähe und wurde nur nicht gesehen, weil die Erde gerade damals an 300 Millionen Kilometer von ihm entfernt war und außerdem die Sonne zwischen der Erde und dem Kometen stand. Von seiner Sonnennähe ging er auch wieder zurück in seine Sonnenferne und traf hier nach mehr als elf Jahren nahe an der Stelle ein, wo ihm Jupiter damals begegnet war. Nun aber beträgt die Umlaufszeit Jupiters auch elf Jahre und zehn Monate; während der Komet seit der verhängnisvollen Begegnung zweimal um die Sonne gelaufen war, hatte also Jupiter nahezu einmal seinen Umlauf vollendet und die beiden Himmelskörper trafen hier von neuem zusammen. Am 23. August 1779 befand sich der unglückliche Komet in so großer Nähe Jupiters, daß er von ihm erheblich stärker angezogen wurde als von der Sonne. Der Komet ging zwischen Jupiter und seinen vier großen Monden hindurch, und die hierbei erlittene Anziehung lenkte ihn nun aufs neue ab und zwang ihn in eine Bahn, die ihn den Blicken der Astronomen wiederum entzog.

Diese Geschichte ist nur ein Beispiel für viele. Jupiter, der Hauptstörenfried des Sonnensystems, hat im Laufe der Zeit Dutzende von Kometen, die ihm nahe genug kamen, aus ihren ursprünglichen, wahrscheinlich sehr langgestreckten Bahnen herausgezerrt und sie gezwungen, so um die Sonne zu laufen, daß sie stets innerhalb seines Machtbereichs bleiben. Diese Kometen erreichen deshalb ihre größte Sonnenferne alle in der Nähe der Jupiterbahn, so daß wir nur längs derselben fortzuschreiten brauchen, um über kurz oder lang auf einen von ihnen zu treffen. Die Astronomen nennen sie mit einem gemeinsamen Namen „Die Kometenfamilie des Jupiter"; das Gewirre all der Bahnen dieser Kometen ist in unserer Abb. 23 anschaulich dargestellt.

Wenn es uns nun auch wirklich gelingt, hier eines Kometen ansichtig zu werden, so dürfen wir von dem Schauspiel doch nicht allzu viel erwarten. Denn dies ist gerade das Merkwürdige an den Ko-

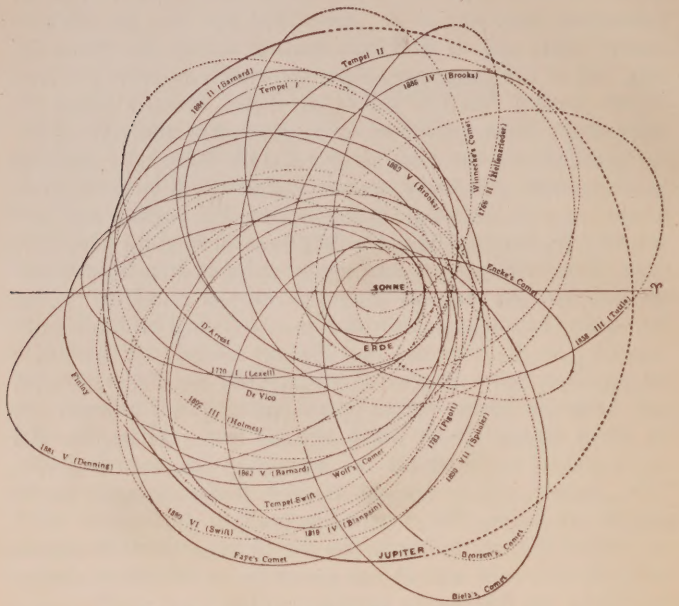


Abb. 23. Kometenfamilie des Jupiter

Die dargestellten Bahnen liegen nicht alle in einer ebenen Fläche, sondern sind unter den verschiedensten Winkeln gegeneinander geneigt. Um dies anzudeuten, wurde die Papierebene als Ebene der Erdbahn aufgefaßt und von den übrigen Bahnen jeweils der Teil, der sich über die Erdbahn erhebt, glatt, der unterhalb derselben verlaufende Teil punktiert gezeichnet

meten und der Umstand, der sie recht eigentlich von den Planeten unterscheidet, daß sie sich während ihrer Wanderung aus der Sonnenferne zur Sonnennähe und wieder zurück vollständig verändern. Fern von der Sonne ist der Komet wahrscheinlich ein an sich dunkler, von ihren Strahlen nur matt beleuchteter kleiner Weltkörper, äußerlich vielleicht einem kleinen Planeten nicht allzu unähnlich. Sobald sich

aber der Komet in seiner Bahn der Sonne bis auf ein gewisses Maß genähert hat, beginnen unter ihrem Einfluß die Umwälzungen. Zunächst umgibt sich der Kern mit einer ausgedehnten Hülle leuchtender Gase, der uns schon bekannten Coma. Mit fortschreitender Annäherung an die Sonne beginnt dann eine Ausströmung fein verteilter Materie aus dem Kern, und zwar in Richtung auf die Sonne zu. Bald darauf biegt jedoch diese Ausströmung um, und indem sie nach der von der Sonne abgewandten Seite weit in den Raum hinaus schießt, bildet sie den Schweif des Kometen. Der Schweif ist somit kein festes, starres Gebilde, sondern ein Strom leuchtender Gase, die fortwährend vom Kopf des Kometen ausgehen und sich allmählich im Raume bis zur Unsichtbarkeit verflüchtigen.

Wie erklärt es sich nun, daß diese Schweifausströmung zuerst auf die Sonne zustrebt, dann aber plötzlich umbiegt und sich in umgekehrter Richtung fortsetzt?

Die Antwort darauf gibt uns die Physik, indem sie lehrt, daß das Licht auf die Körper, die es trifft, einen gewissen, sehr kleinen, aber doch meßbaren Druck ausübt, daß es sie, mit anderen Worten gesagt, abstößt. Die Abstoßung, welche demnach die Sonne kraft ihrer enormen Lichtstrahlung gegen die Körper des Sonnensystems ausüben müßte, wird jedoch durch die viel stärkere Schwerkraft, vermöge deren sie diese Körper an sich zieht, zunichte gemacht. Es gibt aber, wie die Astronomen und Physiker berechnet haben, dennoch Fälle, in denen die Abstoßung durch das Licht die Anziehung durch die Schwerkraft überwiegt, und zwar dann, wenn es sich um äußerst kleine Teilchen von Materie handelt. Aus solchen besteht aber die Schweifausströmung der Kometen, und zahlreiche Beobachtungen sprechen dafür, daß wir das Umbiegen der Ausströmung und die stets von der Sonne abgewandte Richtung des Schweifes tatsächlich als Wirkung der abstoßenden Kraft der Sonnenstrahlung zu betrachten haben.

Was nun das Leuchten der Coma und der Schweifgase anlangt, so dürfen wir dieses nicht etwa, wie bei den leuchtenden Gasen der Sonne, auf besonders hohe Temperaturen zurückführen. Vielmehr handelt es sich hier höchst wahrscheinlich um eine Art elektrischen Leuchtens, wie es der eine oder andere von uns sicher schon bei Experimentalvorträgen an den sogenannten Geißlerschen Röhren bewundert hat. Doch können wir uns jetzt nicht weiter in diese schwierigen Fragen vertiefen.

In umgekehrter Reihenfolge, wie sich alle diese Erscheinungen entwickelt haben, verschwinden sie nun wieder, wenn sich der Komet von der Sonne entfernt. Dabei verliert er rasch an Helligkeit; die Astronomen müssen zu immer größeren Fernrohren greifen, um ihn — meistens als blasses Nebelwölkchen — noch weiter beobachten zu können, und bald ist er ihren Blicken ganz entschwunden.

Es läßt sich denken, daß diese Vorgänge, die sich jedesmal von neuem abspielen, sobald der Komet wieder sonnenwärts eilt, ihn sehr in Mitleidenschaft ziehen und mit der Zeit sein ganzes Gefüge auflockern müssen. Zerfall und Auflösung ist deshalb das Schicksal, dem wahrscheinlich kein Komet, der häufig in Sonnennähe kommt, auf die Dauer entgehen wird. Schon aus älterer Zeit haben wir einen Fall zu verzeichnen, wo ein Komet geradezu unter den Augen der Astronomen ein solches Ende fand. Es war der Bielasche Komet, und die Geschichte seines Verfalls ist in kurzen Worten folgende.

Seiner Umlaufszeit entsprechend hatte man den Kometen im Winter 1845/46 wieder einmal in Sonnen- und Erdnähe zu erwarten. Im November 1845 wurde er denn auch tatsächlich an dem vorausberechneten Orte entdeckt und von nun an dauernd beobachtet. Anfangs zeigte der Komet durchaus nichts Auffallendes, bis im Januar 1846 plötzlich etwas sehr Merkwürdiges eintrat. Der Kern des Kometen spaltete sich nämlich in zwei Teile, die zunächst in geringer Entfernung voneinander ihren Weg gemeinschaftlich fortsetzten. Beide Kerne ließen Spuren eines nur wenig ausgebildeten Schweifes erkennen. Während der folgenden Monate bemerkte man fortwährende Änderungen in der Ausdehnung und Helligkeit der beiden Teilkometen, bis sie nach dem Durchlaufen ihrer Sonnennähe sich wieder von der Erde entfernten und schließlich den Blicken der Astronomen entschwanden.

Bei der nächsten Erscheinung des Kometen im Jahre 1852, die mit großer Spannung erwartet wurde, hatten sich beide Teile des Kometen schon bis auf 300 000 km voneinander entfernt, und seitdem ist er nie wieder gesehen worden. Aber im November 1872, wo er der Erde wiederum hätte nahe kommen müssen, wurde man durch einen überaus prächtigen Sternschnuppenfall überrascht, und dasselbe geschah im November der Jahre 1885 und 1892. Die Rechnung ergab dann alsbald, daß diese drei Fälle auf ein und denselben Sternschnuppenschwarm zurückzuführen seien, der sich in genau

der gleichen Bahn um die Sonne bewegte wie der verschwundene Bielasche Komet. Kein Zweifel, dieser mußte sich inzwischen vollständig aufgelöst und in eine Wolke von kleinsten Staubteilchen verwandelt haben, die sich allmählich längs der Bahn des ursprünglichen Kometen zerstreuen.

So oft nun der Hauptschwarm in die Nähe der Erde gelangt, wird er von dieser angezogen, und viele Tausende der kleinen Weltsplitter stürzen auf sie zu. Infolge ihrer großen Geschwindigkeit, die bis zu 50 km in der Sekunde betragen mag, erhitzen sie sich durch die Reibung in der Erdatmosphäre so stark, daß sie hell aufleuchten und rasch vollständig verdampfen. Die Menschen freuen sich dann über das glänzende Meteor, das lautlos am sternbesäten Nachthimmel dahinschießt, und nur die wenigsten von ihnen haben eine Ahnung davon, was es mit diesen „Sternen, die vom Himmel fallen", eigentlich auf sich hat.

Der somit festgestellte Zusammenhang zwischen Kometen und Sternschnuppen wurde durch weitere Rechnungen der Astronomen noch bekräftigt. Es ergab sich, daß der Meteorstrom der Perseiden — so genannt, weil diese Meteore scheinbar im Sternbild des Perseus aufleuchten — in derselben langgestreckten Ellipse um die Sonne läuft, wie der Komet 1862 III, als dessen Zerfallsprodukte sie daher vermutlich zu betrachten sind. Und ebenso erwies sich die Bahn des Leonidenschwarmes, der früher alle 33 Jahre einen besonders reichen Sternschnuppenfall brachte, heute aber sehr nachgelassen hat, als identisch mit der Bahn des Kometen 1866 I, der in $33^1/_3$ Jahren um die Sonne läuft. —

Noch vor wenigen Jahren wurden übrigens die astronomischen Beobachter von neuem Zeugen einer Kometenteilung. Diesmal handelte es sich um einen, im Jahre 1916 in Amerika entdeckten Kometen, der sich, ähnlich dem Bielaschen in zwei Stücke spaltete.

Wie ich schon sagte, werden die Sternschnuppen bei ihrem Aufleuchten in der Erdatmosphäre, das nach den Beobachtungen verschieschiedener Astronomen durchschnittlich in einer Höhe von etwa 120 km erfolgt, wegen ihrer Kleinheit vollständig zerstäubt, so daß nichts von ihnen wiederzufinden ist. Es gibt nun aber auch größere Meteore, die durch die Erhitzung in der Atmosphäre nur oberflächlich angeschmolzen werden und, nachdem ihre rasche Bewegung gehemmt ist, zur Erde niederfallen. Das sind die sogenannten Feuer-

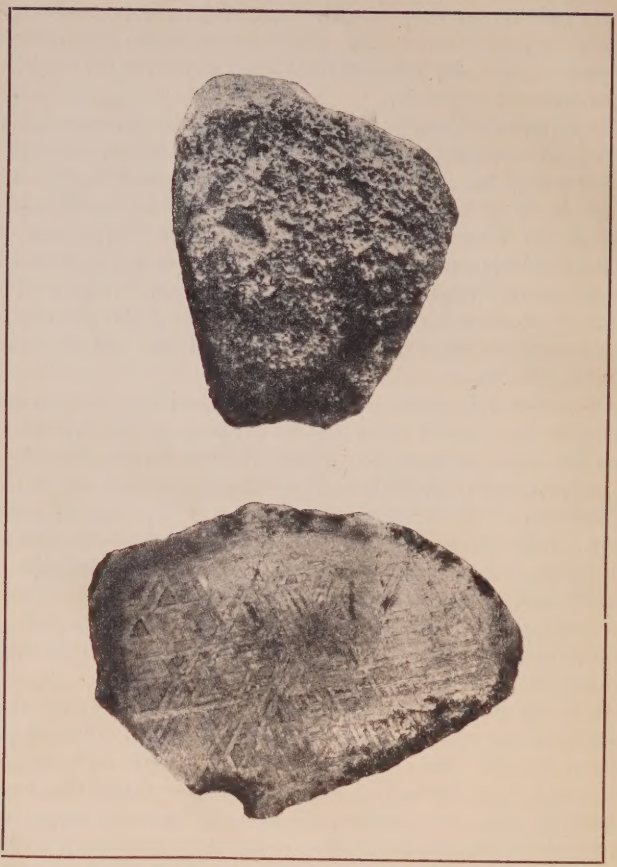


Abb. 24. Meteoriten aus der Vatikanischen Sammlung

Der Eisenmeteorit (unten) zeigt die durch Übergießen mit Säure hervorgerufene Musterung. Oben: Steinmeteorit. Beide in $^2/_3$ der natürl. Größe. Gewichte: 8 bzw. 17 Gramm

kugeln oder Meteoriten. Sie verbreiten oft einen außerordentlichen Glanz und sind über weite Landstrecken hin sichtbar. Nicht selten zerplatzen sie beim Verlöschen unter donnerähnlichem Getöse, worauf die einzelnen Stücke, auf weitem Umkreis zerstreut, niederfallen. Die Zahl der Stücke ist sehr verschieden; manchmal findet man nur zwei oder drei, zuweilen gehen sie in die Hunderte, und bei dem großen Meteoritenfall über L'Aigle in Frankreich (1803) schätzte man sie gar auf 2000 bis 3000. Meistens wiegen diese Bruchstücke nur einige Gramm, indessen sind Blöcke von zwanzig, dreißig und mehr Kilogramm gar nicht so selten.

Es bietet sich uns hier also die Möglichkeit, im Weltraum vorkommende Stoffe direkt zu messen, zu wägen und zu untersuchen. Was die chemische Beschaffenheit der Meteoriten angeht, so haben wir nach den bisherigen Erfahrungen zwei Arten zu unterscheiden, nämlich Steinmeteoriten und Eisenmeteoriten. Abb. 24 gibt von jeder der beiden Arten ein Beispiel. Neue, auf der Erde nicht vorkommende Grundstoffe sind auch in den Meteoriten nicht aufgefunden worden, wohl aber bekannte Stoffe in neuartiger Zusammensetzung. Die Steinmeteoriten enthalten vorwiegend Sauerstoffverbindungen, wie Kieselerde und Talgerde, sodann Eisen und nach neueren Befunden auch Kohlenstoff. Die Eisenmeteoriten bestehen fast ganz aus einer Verbindung von Eisen und Nickel und sind von irdischem, gediegenem Eisen dadurch zu unterscheiden, daß sie sich beim Übergießen mit Säure mit einem Netzwerk eigentümlicher Figuren überziehen, die durch das verschiedenartige Verhalten des Eisens und des Nickels der Säure gegenüber verursacht werden. Man nimmt daher auch keinen Anstand, Eisenmassen, die sich auf verschiedenen Punkten der Erde vorfinden, als Meteoreisen zu betrachten, wenn sie in die geologische Formation jener Gegenden nicht passen und sich mindestens durch eine der beiden erwähnten charakteristischen Eigentümlichkeiten auszeichnen, auch wenn man deren Niederfallen nicht beobachtet hat. Solche Massen sind mitunter sehr bedeutend, wie die von Youngedin (Westaustralien) mit über 900 kg Gewicht, oder gar erst jener Meteorblock, der im Jahre 1783 in Tucuman gefunden wurde und nicht weniger als 15000 kg wiegt.

Ob wir auch die Feuerkugeln als Kometentrümmer zu betrachten haben, läßt sich noch nicht mit Sicherheit entscheiden. Ausgeschlossen ist es jedenfalls nicht, daß der Forscher, indem er einen Meteoriten

untersucht, das Bruchstück eines Kometen in Händen hält, der vor Generationen einmal die Menschheit in abergläubischen Schrecken versetzt hatte. Viele Meteoriten mögen aber auch Fremdlinge in unserem Sonnensystem sein, Weltbürger im wahrsten Sinne des Wortes, die auf ihrer einsamen Bahn durch die öden Gefilde des Raumes von der Sonne eingefangen wurden und dann der Erde so nahe kamen, daß ihr Lauf für immer ein Ende fand.

*

17. Die Wunderwelt des Saturn

Einsamer wird nun unser Weg. Hinter uns liegt die Region der kleinen Planeten, hinter uns liegen alle Kometen, die ihre Sonnenferne innerhalb der Jupitersbahn erreichen, und die großen Planeten selbst folgen erst in weiten Abständen aufeinander. Fast noch einmal so weit, wie wir jetzt von der Sonne entfernt sind, müssen wir wandern, um auf den nächsten Planeten, den Saturn, zu treffen, der in einem mittleren Abstande von über 1400 Millionen Kilometern um die Sonne läuft. Neunzigmal kleiner erscheint von ihm aus die Scheibe der Sonne, und neunzigmal geringer ist damit auch die Beleuchtung, die er von ihr empfängt. Fast 30 Jahre gebraucht Saturn, um seine Bahn einmal zu durchwandern, 10 Stunden 15 Minuten, um sich einmal um seine Achse zu drehen.

An Größe gibt dieser Planet dem Jupiter nicht viel nach; denn sein Äquatordurchmesser beträgt 120 000 km. Dabei ist er noch stärker abgeplattet als Jupiter, indem der Polardurchmesser um ein volles Zehntel kürzer ist. Seine Masse ist jedoch über dreimal kleiner als die Jupitersmasse.

Auch beim Saturn wird uns der Blick auf die eigentliche Oberfläche der Planetenkugel durch eine dichte Wolkenhülle verwehrt. Die Atmosphäre, in der die Wolken schwimmen, scheint ganz ähnlicher Natur zu sein wie die des Jupiter, neben Wasserdampf finden wir in ihr auch das unbekannte Gas wieder, das uns bei der Untersuchung der Jupiteratmosphäre schon begegnete. Ebenso sind auch die dunklen Parallelstreifen vorhanden, jedoch viel schwächer ausgeprägt als auf Jupiter. Wir gehen wohl nicht fehl in der Annahme, daß Saturn in wesentlichen Zügen seinem größeren Nachbarn sehr ähnlich gebaut ist.

Eines hat er jedoch ihm und allen anderen Planeten gegenüber voraus, zugleich das Merkwürdigste, was uns bis jetzt auf unserer Reise begegnet ist, nämlich seinen Ring. Die Saturnskugel schwebt ganz frei mitten in einem weiten Ringe, dessen innerer Rand fast 17 000 km von ihrer Oberfläche absteht.

Die Entdeckung dieses Ringes stellt ein merkwürdiges Kapitel aus der Geschichte der Naturwissenschaften dar, insofern es den Beobachtern des 17. Jahrhunderts die größten Schwierigkeiten verursachte, herauszubekommen, worum es sich eigentlich handelt. Denn die damaligen Fernrohre, die zu den ersten ihrer Art gehörten, waren noch viel zu unvollkommen, um sofort den Ring des Saturn als solchen erkennen zu lassen, gleichwohl zeigten sie schon, daß es etwas besonderes mit dieser Kugel auf sich haben müsse, und man sah, daß eigentlich Saturn keine runde Kugel sei, sondern eher eine Art Ei.

Dann entdeckte Galilei, daß es mit dem Ei doch nicht richtig sei, sondern daß der Saturn zu beiden Seiten zwei fest angewachsene Monde haben müsse. Kaum aber hatte die Kunde von den angewachsenen Monden die Gemüter erregt, so hörte mit einem Male alles auf, denn Saturn nahm eine Lage an, in welcher vom Ring nur die schmale Kante zu sehen ist, und da man diese durch die damaligen Fernrohre nicht sehen konnte, erschien der Planet als einfache runde Kugel. Aber auch dies konnte nicht lange anhalten; denn bald sah man wiederum etwas zu beiden Seiten dieser Kugel, und wenn das auch nicht als angewachsene Monde genommen werden konnte, so mußte man sich doch dazu verstehen, dem Saturn zwei Henkel zuzuschreiben, die aus der Kugel zu beiden Seiten hervorragen.

Es dauerte aber auch dies nicht lange, und man sah wieder das Ei; aber ein Ei, das an beiden Enden zwei Löcher haben müsse, durch die man hindurchsehen könne.

Endlich, nachdem 40 Jahre vergangen waren, in denen man sich vergeblich bemüht hatte, die einander widersprechenden Beobachtungen zu erklären, zeigte der scharfsinnige Naturforscher Huyghens (1629—1695), der auch bessere Fernrohre baute, daß all das, was man Sonderbares gesehen, nichts sei als ein Ring, den Saturn um sich habe, daß der Ring unsichtbar werde, wenn er die schmale Kante uns zuwendet und deshalb den Saturn als runde Kugel erscheinen läßt; daß, wenn die Lage des Ringes schräg für unser Auge wird, bald eine Eigestalt, bald eine Verwachsung mit zwei Monden, bald eine Henkelform am Saturn zu sehen sei, sobald man nicht scharfe Fernrohre habe, die in allen Lagen den Ring als solchen genauer erkennen lassen.

So hat denn seitdem Saturn seinen Ring unbestritten und steht

als eigentümliches Naturwunder sondergleichen da, das wir uns jetzt näher ansehen müssen.

Zunächst bemerken wir, daß wir es in Wirklichkeit nicht mit einem, sondern mit zwei ineinanderliegenden Ringen zu tun haben, die durch einen 3500 km breiten Zwischenraum getrennt sind. Dieser Zwischenraum ist aus der Ferne längs der ganzen Fläche des Ringes als scharfe, dunkle Linie zu erkennen (s. Abb. 25). In neuerer Zeit haben dann die Astronomen noch einen dritten, weniger hellen Ring entdeckt, der innerhalb der beiden anderen liegt und mit seiner inneren Kante nur 9400 km von der Oberfläche des Planeten entfernt ist. Auch diesen

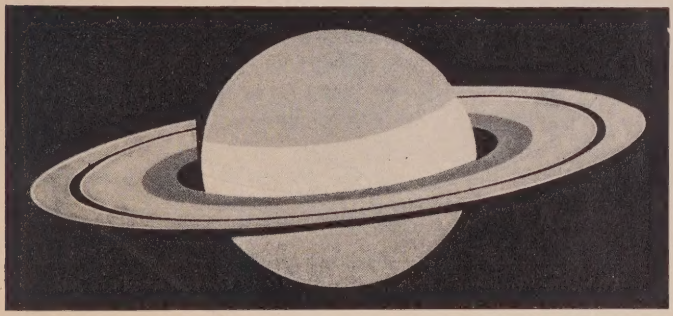


Abb. 25. Saturn mit seinen Ringen
Beobachtet von Barnard am Lick-Refraktor

Ring zeigt Abb. 25. Nach genauen Messungen beträgt die Breite des ganzen Ringsystems rund 50 000 km, sein äußerer Durchmesser nahezu 280 000 km, also das Doppelte des Jupiterdurchmessers. Dagegen ist die Dicke des Ringes verhältnismäßig gering; nach neueren Messungen wird sie 300—400 km kaum überschreiten. Deshalb erscheint uns der Ring, wenn wir gegen seine Kante blicken, nur als schmaler, etwas unscharf begrenzter Streifen vor und zu beiden Seiten der Planetenscheibe.

Stände die Drehungsachse des Saturn, ähnlich der des Jupiter, senkrecht auf seiner Bahnebene und damit auch nahezu senkrecht auf der Erdbahn, so würden wir, da der Ring in der Äquatorebene des Saturn liegt, überhaupt nur die schmale Kante des Ringes zu sehen

bekommen und könnten uns von seiner wahren Beschaffenheit schwerlich eine richtige Vorstellung machen. Glücklicherweise ist aber die Äquatorebene des Saturn ziemlich stark gegen die Ebene seiner Bahn geneigt, und deshalb blicken wir von der Erde aus bald auf die Oberseite, bald auf die Unterseite des Ringes und nur bei einer be-

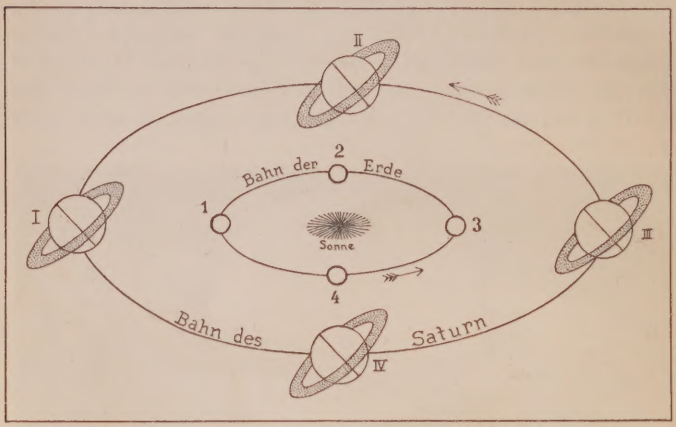


Abb. 26. Der wechselnde Anblick des Saturnsringes

Der Ring bleibt immer derselben Ebene parallel. Befindet sich die Erde bei 1, Saturn bei I, so blicken wir auf die von der Sonne beleuchtete Fläche des Ringes; ebenso wenn sich die beiden Planeten in 3, bzw. III befinden. Steht dagegen die Erde bei 2, Saturn bei II, oder die Erde bei 4 und Saturn bei IV, so schauen wir gerade gegen die flache Kante des Ringsystems, die dann zwar von der Sonne beleuchtet ist, aber wegen ihrer Schmalheit fast verschwindet. Unsichtbar wird der Planet, wenn die Sonne zwischen ihm und der Erde steht, also z. B. in der Stellung 1 der Erde und III des Saturn. Saturn taucht dann in den Sonnenstrahlen unter. — Es braucht wohl nicht besonders bemerkt zu werden, daß die Größenverhältnisse unserer Figur natürlich nicht der Wirklichkeit entsprechen

stimmten Stellung von Saturn und Erde gegen die Ringkante. Dies alles mag sich der Leser mit Hilfe der Abb. 26 überlegen.

Und nun wollen wir seiner Wißbegierde auch nicht länger widerstehen und uns gleich der Frage zuwenden, woraus denn der Saturnring besteht. Wir brauchen ihm dazu nicht einmal besonders nahezurücken, denn diesesmal können uns die Astronomen eine sichere

Antwort geben. Und ihre Auskunft lautet, daß der Ring weder fest, noch flüssig, noch gasförmig ist, sondern eine ungeheure Menge winzig kleiner Möndchen darstellt, die dicht nebeneinander, aber jedes für sich ihre Bahnen um den Planeten ziehen. Dabei laufen sie um so schneller, je näher sie dem inneren Rande des Ringes stehen, so daß sich das innere Gefüge des Ringes beständig verschiebt, die äußere Form jedoch erhalten bleibt. Wir haben hier also recht eigentlich ein Gegenstück zu dem um die Sonne kreisenden Ring der kleinen Planeten vor uns, nur mit dem Unterschiede, daß im Saturnsring die einzelnen Körperchen weit kleiner und zahlreicher sind und viel dichter beieinanderstehen. —

Wie mag sich nun der Anblick des Ringes vom Saturn selbst aus gestalten? Vorausgesetzt, daß die dicke Wolkenhülle des Planeten den etwaigen Saturnsbewohnern überhaupt hin und wieder mal einen Ausblick gestattet, müssen sie schon recht viel Scharfsinn aufwenden, um einzusehen, daß ihr Wohnsitz wirklich von einem Ring umgeben ist; denn was wir aus der Ferne mühelos als solchen erkennen, erscheint ihnen dort ganz anders. Die Leute, die am Aquator wohnen, blicken nämlich immer gegen die stets unbeleuchtete innere Kante des Ringes, aber diese würden sie, da die Atmosphäre des Saturns vom Sonnenlicht ebenso durchleuchtet wird, wie die irdische Luft, nicht einmal sehen, ebensowenig wie wir auf Erden die unbeleuchtete Seite unseres Mondes sehen können, wenn dieser tagsüber am Himmel steht. Nur des Nachts müßte der Ring sich dadurch bemerkbar machen, daß er in einer Zone, die seiner Dicke entspricht, und die sich für die Aquatorleute bogenförmig zu ihren Häupten über den ganzen Himmel erstreckt, alle Fixsterne verdecken würde.

Macht sich also am Aquator der Ring recht wenig bemerkbar, so ist er für die Bewohner in der Nähe der Pole überhaupt nicht vorhanden, da er der Saturnskugel so nahe steht, daß er für sie immer unter dem Horizont bleibt. — Nur in mittleren Breiten bekommt man den Ring wirklich zu sehen; denn hier blickt man auf seine von der Sonne beleuchtete Ober- und Unterseite, ersteres (Abb. 26 rechts), wenn die Nordhalbkugel, letzteres (Abb. 26 links), wenn die Südhalbkugel Sommer hat. Dann umspannt der Ring wie ein gewaltiger leuchtender Bogen den Himmel, und nachts bemerkt man auf seiner Fläche den dunklen Schatten der Saturnskugel. Sobald aber für die Halbkugel, auf der wir uns niedergelassen haben, der Herbst eintritt,

begibt sich die Sonne auf die andere Seite der Ringfläche, und dann hat es mit dem Leuchten des Bogens ein Ende. Nicht nur entzieht er uns jetzt den Anblick vieler Fixsterne, selbst die Sonne versteckt sich hinter ihm und scheint, wenn überhaupt, nur noch matt durch die schmalen Lücken zwischen den einzelnen Teilchen des Ringes hindurch. Und so bleibt es den ganzen Saturnswinter lang, 7¼ Erdenjahre!

Jetzt haben wir uns aber lange genug mit dem Ringe abgegeben,

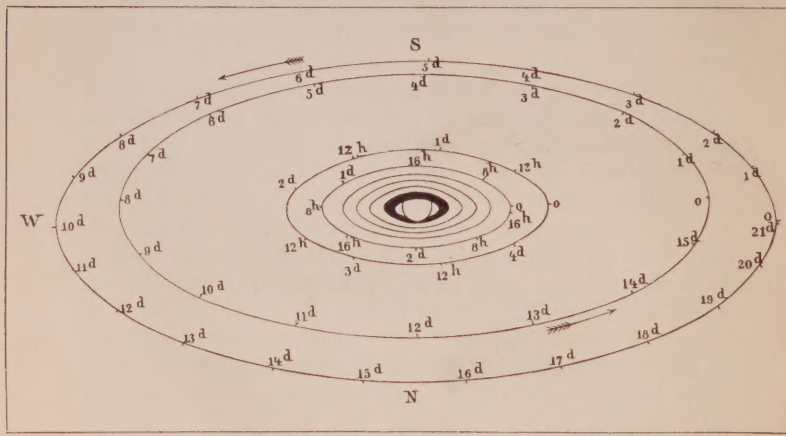


Abb. 27. Das Saturnssystem

Den Bahnen der vier äußeren Monde ist beigeschrieben, nach wieviel Tagen und Stunden (d (dies) = Tage, h (horae) = Stunden) die Monde eine bestimmte Stelle der Bahn erreicht haben, wenn die mit o bezeichnete Stelle als Ausgangspunkt angesehen wird

und die kurze Zeit, die wir nach unserem Plan noch auf Saturn verwenden dürfen, müssen wir seinen Monden widmen. Er besitzt deren nämlich zehn Stück, also noch einen mehr als Jupiter. Man hat sie alle mit Namen versehen, doch wollen wir unser Gedächtnis nicht damit belasten. Die Entfernungen dieser Monde vom Saturn sind im ganzen kleiner als die der Jupitersmonde von ihrem Planeten. Der nächste ist 180 000, der fernste 12½ Millionen Kilometer von der Oberfläche des Saturn entfernt; letzterer

braucht zu einem Umlauf um Saturn rund 550 Tage. Die Bahnen der sieben nächsten Monde zeigt Fig. 27.

Von der Erde aus erscheinen die Saturnsmonde alle sehr schwach; dabei zeigen sie dieselben merkwürdigen Lichtschwankungen, wie die Monde des Jupiter. Den Durchmesser hat man bis jetzt erst bei einem von ihnen messen können, er beträgt etwa 4400 km.

So großartig das Schauspiel sein mag, das Saturn mit seinem Ring einem der näheren Monde darbietet, wir können jetzt nicht dabei verweilen; weiter drängt es uns, dem Endziel unserer Reise entgegen, und noch liegen fast zwei Drittel des Weges vor uns.

*

18. Uranus

Mit Saturn lassen wir den letzten der näher bekannten Planeten hinter uns zurück. Von den beiden, die noch vor uns liegen, Uranus und Neptun, kennen wir nicht viel mehr als ihre bloße Existenz und die Bahnen, in denen sie um die Sonne laufen. Uranus ist von der Erde aus nur mit Mühe, Neptun überhaupt nicht mehr mit freiem Auge zu sehen.

In einer Entfernung von nahezu 2900 Millionen Kilometern von der Sonne durchwandelt Uranus seine weite Bahn, die ihn in rund 84 Erdenjahren einmal um den Zentralkörper des Sonnensystems führt. Volle $2\frac{1}{2}$ Stunden gebraucht ein von der Sonne ausgehender Lichtstrahl, um bis zum Uranus zu gelangen.

Uranus ist bedeutend kleiner als Jupiter und Saturn; sein Durchmesser übertrifft aber mit seinen 50 000 km den Erddurchmesser immer noch um das Vierfache. Ähnlich Jupiter und Saturn scheint auch Uranus von einer hohen, wolkenbeladenen Atmosphäre umgeben zu sein, in der sich nach spektralanalytischen Beobachtungen der Astronomen noch weitere, uns unbekannte Gase vorfinden. Merkwürdig ist auch die ausgesprochen grünliche Farbe, in der uns die Scheibe des Planeten erscheint.

Dahingegen wollte es lange Zeit nicht gelingen, die Umdrehungszeit des Uranus zu ermitteln, da man selbst mit den schärfsten Fernrohren nicht vermocht hat, Flecken auf der Planetenscheibe zu entdecken, durch deren regelmäßige Wiederkehr man imstande ist zu sagen, wie lang Tag und Nacht auf diesem Planeten sind, und wie Winter und Sommer daselbst verteilt sein mögen. Wenn sich Uranus jedoch wirklich in kurzer Zeit um seine Achse dreht, so müssen sich solche Flecken, mögen sie auch selbst nicht sichtbar sein, wenigstens dadurch bemerkbar machen, daß die Helligkeit des Planeten periodisch wechselt, da uns ja infolge der Drehung der Kugel bald die dunklen

Flecken, bald hellere Stellen ihrer Oberfläche zugewandt sein würden. Solche Helligkeitsschwankungen sind denn auch in neuerer Zeit tatsächlich bemerkt worden, und aus ihnen konnte man dann endlich die Achsendrehung des Uranus bestimmen. Ihre Dauer ergab

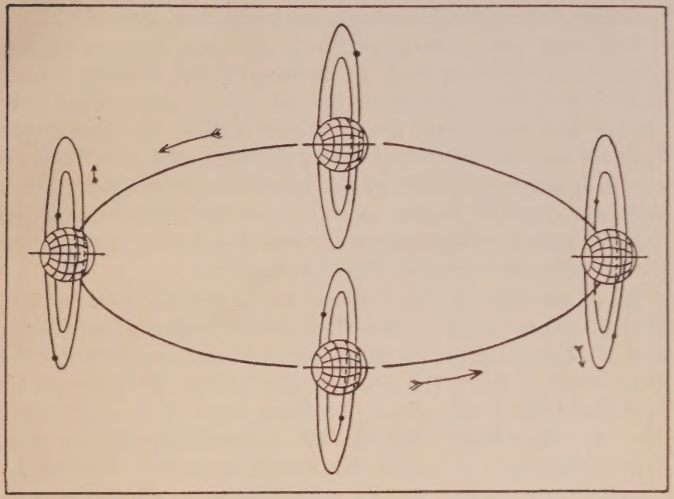


Abb. 28. Bahnen des Uranus und seiner beiden inneren Monde

Genau genommen bilden die Bahnen der Monde nicht einen Winkel von 90°, sondern von 98° mit der Uranusbahn, so daß sie nicht ganz senkrecht auf ihr stehen, sondern um ein weniges (8°) gegen sie geneigt sind. Und zwar mit den in der Figur oben befindlichen Hälften nach links, so daß die Monde eigentlich in umgekehrter Richtung (mit dem Uhrzeiger) um den Uranus laufen, wie Uranus und alle anderen Planeten um die Sonne (gegen den Uhrzeiger). Man sagt deshalb, die Uranusmonde seien rückläufig. Die Größenverhältnisse der Zeichnung stimmen natürlich nicht, das ganze ist nur eine schematische Darstellung

sich in naher Übereinstimmung mit Jupiter und Saturn zu rund elf Stunden.

Aber ein anderer sehr merkwürdiger Umstand scheint Uranus vor den übrigen Planeten auszuzeichnen. Um ihn recht hervorzuheben, müssen wir zunächst rückschauend bemerken, daß bei den Planeten,

die mit Monden versehen sind, diese sich durchweg in Bahnen bewegen, die ungefähr in derselben Ebene liegen, wie der Äquator des betreffenden Planeten. Diese Ebene weicht meistens auch nicht sehr stark ab von der, in welcher der Planet selbst um die Sonne läuft. Beim Jupiter fallen die beiden, wie wir sahen, fast ganz zusammen, weil seine Drehungsachse senkrecht auf seiner Bahn steht.

Nun besitzt auch Uranus vier Monde, aber diese bewegen sich um ihren Planeten seltsamerweise in Bahnen, die fast senkrecht auf der Bahn stehen, die Uranus selber um die Sonne macht. Wenn man sich den Lauf des Uranus um die Sonne vorstellt und zugleich das Auge auf den Lauf der Monde richtet, die Uranus auf dieser Reise begleiten, so bilden die Monde in ihrem Lauf nicht Sprunglinien in der Bahn des Planeten, sondern gehen in einer Art Schraubengang um ihn, und laufen pfropfenzieherartig durch den Raum, wenn sie den Uranus in seinem einfachen Kreislauf begleiten.

Lassen wir nun die eben bemerkte Regel, daß der Äquator eines Planeten in nahe derselben Ebene liegt, wie die Bahnen seiner Monde, auch für Uranus gelten, so würde dessen Äquator senkrecht auf der Bahn stehen, in der er sich um die Sonne bewegt, die Achse, um die seine Kugel sich dreht, aber in der Ebene dieser Bahn liegen (siehe Abb. 28). Man könnte diese Lage der Drehungsachse mit der eines Fasses vergleichen, das über die Straße dahinrollt, während im Gegensatz dazu Jupiter wie ein aufrechtstehender, die übrigen Planeten wie schiefstehende, rotierende Kreisel ihre Bahn verfolgen. Dabei müssen wir aber wohl im Auge behalten, daß die Richtung der Achse sich stets gleich bleibt (siehe nochmals Fig. 22).

Sollte sich die hiermit ausgesprochene Vermutung bestätigen, so würden auf Uranus trotz seiner Achsendrehung sehr merkwürdige, für organisches Leben nach unseren Begriffen höchst ungünstige Zustände herrschen. Es gäbe dann Tage und Nächte dort, die abwechselnd an den Polen je zweiundvierzig volle Jahre dauern und nach dem Äquator zu zwar abnehmen, aber doch bis auf eine schmale Zone noch immer eine Länge von zwei Jahren haben würden. Malt euch einmal die Verhältnisse aus, wie sie demnach an den Polen herrschen müssen, wo ein 42jähriger Sommertag von einer ebenso langen Winternacht abgelöst wird. Eine wahrhaft grausige Kälte muß während dieser endlosen Nacht allmählich entstehen; es sei denn, daß Uranus, was allerdings wohl möglich ist, gleich Jupiter und Saturn

noch eine beträchtliche Eigenwärme besitzt, die zur Milderung der Temperaturgegensätze beitragen könnte.

Von den Monden des Uranus wissen wir im übrigen recht wenig. Das ganze System ist gar zu weit von der Erde entfernt, so daß selbst die kraftvollsten Fernrohre bei so kleinen Himmelskörpern, wie es diese Monde im Vergleich mit dem Planeten selbst doch jedenfalls sind, nichts auszurichten vermögen.

*

19. Im Dämmerlichte des Neptuntages

Es wundern sich oft viele, daß, wenn ein neuer Planet entdeckt wird — und dies ist in den letzten Jahren oft der Fall gewesen — man schon nach wenigen Tagen zu bestimmen weiß, wie weit er von der Sonne entfernt ist, und in wieviel Jahren er seinen Umlauf um dieselbe macht. — Wie ist es möglich, meinen sie, den neuen, unbekannten Gast schon nach kurzer Bekanntschaft so genau zu kontrollieren, daß man seinen Weg und die Zeit, die er dazu braucht, auf Jahre voraus genau bestimmen kann?

Aber es geschieht zuweilen noch mehr. Im Jahre 1846 hat ein Pariser Naturforscher, Leverrier, ohne auf den Himmel zu sehen, ohne Beobachtungen anzustellen, rein durch Rechnung herausgebracht, daß ungefähr 4½ Milliarden Kilometer von uns entfernt ein Planet vorhanden sein muß, den noch kein Mensch gesehen hat; daß dieser Planet in rund 60 000 Tagen seinen Umlauf um die Sonne macht; daß er soundsovielmal schwerer ist als unsere Erde, und zu einer bestimmten Stunde an einer bestimmten Stelle am Himmel aufgefunden werden würde, wenn man nur so gute Fernrohre hätte, um ihn sehen zu können.

Im Januar 1846 hatte er der Akademie eine vorläufige Anzeige gemacht und am 31. August teilte er nähere Bestimmungen über den neuen, noch ungesehenen Planeten mit.

Am 23. September desselben Jahres erhielt dann Galle, damals Astronom an der Berliner Sternwarte, der sich durch glückliche Entdeckungen bereits ausgezeichnet hatte, ein Schreiben von Leverrier mit der Aufforderung, an der genau bezeichneten Stelle des Himmels nach dem neuen Planeten zu suchen.

Und noch an demselben Abend beobachtete Galle den Himmel an der angegebenen Stelle und fand wirklich den Planeten, und zwar nur außerordentlich wenig entfernt von dem Punkte, den Leverrier angegeben hatte.

Dies ist in kurzen Worten die Entdeckungsgeschichte des Planeten Neptun, die mit Recht als eine der größten Triumphe der exakten Naturwissenschaften gefeiert wurde.

Wie kam Leverrier zu seinen Ergebnissen? Um dies zu begreifen, brauchen wir uns nur wieder an das zu erinnern, was wir im Laufe unserer Wanderung über die Wirkungen des Gesetzes von der gegenseitigen Anziehung der Körper erfahren haben. Wir sahen nämlich, daß die Sonne zwar kraft ihrer überragenden Masse, von der ja die Stärke der Anziehung wesentlich abhängt, die Planeten zwingt, sich um sie zu bewegen, daß aber die Planeten selbst infolge ihrer eigenen Anziehungskraft fortwährend an der Arbeit sind, sich gegenseitig aus ihren Bahnen herauszuzerren, sich zu „stören", wie der Fachausdruck heißt. Diese Störungen zu berechnen, ist eine der schwierigsten Aufgaben der theoretischen Astronomie und erfordert einen großen Aufwand an Scharfsinn und Ausdauer.

Nun wird sich wohl jeder von selbst fragen, ob nicht Störungen mit der Länge der Zeit so groß werden können, daß sie das ganze Sonnensystem in Verwirrung bringen? Und diese Frage hat sich auch wirklich der große Mathematiker Laplace (1749—1827) vorgelegt. Er hat aber in einem unsterblichen Werke: „Die Mechanik des Himmels" den Beweis geliefert, daß alle Störungen nur eine bestimmte Zeitdauer haben, und daß das Sonnensystem so konstruiert ist, daß gerade durch die Anziehungen, die die Störungen veranlaßt haben, wieder nach bestimmten Zeiten eine Regulierung eintritt, so daß für eine jedenfalls sehr lange Dauer die Ordnung immer wieder hergestellt wird.

Nunmehr wird es jedem klar sein, daß, wenn irgendein Planet unsichtbar wäre, er dennoch den Naturforschern sein Dasein verraten würde, und zwar durch die Störungen, die er im Laufe der anderen Planeten veranlaßt, sobald seine Masse nicht gar zu gering und also seine Anziehungskraft nicht gar zu unbemerkbar ist.

Bis in das 19. Jahrhundert hinein glaubte man nun, daß Uranus der letzte Planet sei, der um die Sonne läuft. Uranus selber wurde erst im Jahre 1781 von Herschel in England entdeckt, und da er 84 Jahre braucht, um seinen Umlauf um die Sonne zu vollenden, so hatte man im Jahre 1846 noch nicht einmal einen ganzen Umlauf des Uranus beobachtet gehabt; trotzdem aber berechnete man seinen Lauf sehr genau, weil man die Anziehungskraft der Sonne kannte

und auch die Störungen in Rechnung brachte, welche die bekannten Planeten auf ihn ausüben.

Aber aller Sorgfalt der Rechnung zum Trotz wollte der wirkliche Lauf des Uranus nicht mit dem berechneten übereinstimmen. Man kam also schon vor Leverriers Entdeckung auf den Gedanken, daß jenseits des Uranus noch ein Planet vorhanden sein müßte, der die Bahn des Uranus ändere. — Leverrier nun ging ans Werk, er rechnete mit einem von Kennern bewunderten Scharfsinn. Er forschte nach, wo dieser Störer am Himmel stehen muß, wenn er den Uranus so und so zu stören vermag. Wie schnell bewegt sich dieser Störer selber in seiner Bahn? Und wie groß ist seine Masse? — Und so haben wir den Erfolg der Wissenschaft erlebt, daß ein Forscher nur mit dem geistigen Auge, nur durch Rechnungen einen Planeten entdeckte, der 4½ Milliarden Kilometer von ihm entfernt war.

Fast noch erstaunlicher ist aber der Umstand, daß einige Monate vorher schon ein englischer Gelehrter — Adams mit Namen — ohne von Leverriers Arbeiten Kenntnis zu haben, mit derselben Rechnung beschäftigt war und zu genau demselben Resultat gelangte. Nur infolge eines ungünstigen Zufalles geschah es, daß Leverrier ihm mit der Veröffentlichung seiner Ergebnisse zuvor kam. —

Und nun wollen wir unser Gedankenschiff ruhen lassen — im Dämmerlicht des Neptuntages. Dicke, finstere Wolken bedecken auch auf diesem Planeten den Himmel und verwehren uns jeglichen Ausblick. Aber auch ohne sie würden wir vergebens nach der strahlenden Scheibe einer Sonne Ausschau halten; denn wer käme auf den Gedanken, daß jener Stern dort, der sich vor den anderen nur durch seinen starken Glanz auszeichnet, unsere Sonne sein könnte. Und doch ist es so; nur diesem Stern verdanken wir das matte Licht, das alle Körper ringsum in ein so seltsam düsteres Gewand hüllt. Denn seht, er schickt sich zum Untergange an — noch wenige Minuten, bis er hinter dem Horizont verschwindet, und bald, nachdem dies geschehen, tritt dunkle Nacht an die Stelle des dämmerigen Tages.

Am Himmel aber leuchtet jetzt — uns allen ein vertrautes Bild — die bleiche Sichel eines Mondes, des einzigen, dessen sich Neptun nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen zu erfreuen hat. An Größe und Entfernung von seinem Planeten ist dieser Mond dem unsrigen ziem-

lich ähnlich, doch vollendet er seinen Umlauf um Neptun schon in weniger als sechs Tagen.

Tag und Nacht sind auf dem fernen Planeten wahrscheinlich sehr kurz. Wenn wir nämlich aus den neuerdings beobachteten Lichtschwankungen ähnlich wie beim Uranus auf eine Achsendrehung schließen dürfen, so dauert diese beim Neptun nur knapp acht Stunden, so daß auf Tag und Nacht im Durchschnitt je vier Stunden entfallen würden.

Nahezu 165 Jahre gebraucht Neptun, um seine Bahn zu durchlaufen, die ihn in einem Abstande von $4\frac{1}{2}$ Milliarden Kilometern von der Sonne um diese herumführt. Den Durchmesser des Planeten bestimmten die Astronomen zu 54000 km; Neptun wäre demnach nur wenig größer als Uranus. In der Atmosphäre des Neptun findet sich neben Wasserdampf und anderen Gasen merkwürdigerweise auch freier Wasserstoff, der sonst nur auf der Sonne vorzukommen scheint.

Von der Erde aus erscheint Neptun nur als winziges Sternchen achter Größe, und man muß schon ein Kärtchen der in seiner Umgebung stehenden Fixsterne besitzen, um ihn mit einem kleinen Fernrohr überhaupt aufzufinden.

Aber auch unsere Erde erscheint vom Neptun aus nur als Stern achter Größe. Und da obendrein die Erdbahn aus solcher Entfernung gesehen zu einem winzigen Kreischen zusammenschrumpft, steht die Erde immer so dicht bei der Sonne, daß sie von dieser völlig überstrahlt wird. Und ähnlich ist es mit den Planeten Merkur, Venus und Mars. Von der Existenz dieser vier Weltkörper würden daher die etwaigen Neptunbewohner kaum eine Ahnung haben, wenn sie nicht über sehr große Teleskope verfügten. Uranus ist für sie Morgen- und Abendstern, doch steht er selbst im günstigsten Falle an ihrem Himmel immer noch näher bei der Sonne als Venus an dem unsrigen. Da er aber von der Sonne nur schwach beleuchtet wird, könnten sie ihn auch nur mit Hilfe von Fernrohren beobachten. Nur die beiden Riesen Jupiter und Saturn würden sie als Sterne mittlerer Helligkeit mit freiem Auge sehen; den Phasenwechsel, den jene beiden und Uranus — ähnlich wie uns Venus und Merkur — ihnen darböten, aber nur im Fernrohr. Ohne den Besitz von Fernrohren hätten also die gedachten Neptunsbewohner nur sehr dürftige Vorstellungen vom Bau des Sonnensystems, zumal ihnen auch die Existenz der Kometen, die in so großer Entfernung von der Sonne äußerst lichtschwach sein müssen, sicher verborgen bliebe.

20. An den Grenzen der Sonnenwelt

Wir sind am Ziel!

Eine Fahrt, reich an Anregungen und neuen Eindrücken liegt hinter uns. Aus weiter Ferne grüßt die Sonne herüber, und irgendwo in ihrer Nähe ließen wir unsere Heimat zurück, eine Welt voller Licht und Leben und doch nur ein Sonnenstäubchen. Wir schauten den Mond in seinem Todesschlafe und warfen einen Blick in das Flammenmeer der Sonne, wo Kraft und Stoff miteinander ringen. Den Kometen folgten wir im Geiste in ferne Räume und wurden Zeugen ihres Schicksals; später zeigte uns Mars sein Antlitz, aber die Züge darin vermochten wir nicht zu deuten. Jupiter und Saturn offenbarten sich als zwei Riesen, die mit einer ganzen Gefolgschaft von Monden ihres Weges ziehen; und so eilten wir von Stern zu Stern bis in jene Regionen, wo Neptun als letzter Planet seine weite Bahn durchwandelt. —

Wirklich als letzter? Wäre es nicht möglich, daß außerhalb der Neptunsbahn noch ein Planet, oder gar mehrere, um die Sonne laufen? O gewiß! Die Anziehungskraft der Sonne reicht noch viel weiter hinaus, und sie würde einen Himmelskörper selbst in zehnfacher Entfernung des Neptun noch in eine feste Bahn zwingen können. In der Tat gibt es ja manche Kometen — und wir haben früher Beispiele dafür kennengelernt — deren Bahnen sich weit über die des Neptun hinaus erstrecken. Auch bei dem berühmten Halleyschen Kometen, der noch im Jahre 1910 die gebildete und ungebildete Welt in Schrecken versetzte, ist dies der Fall.

Allein die Schwierigkeit besteht für uns darin, einen solchen „transneptunischen Planeten", selbst wenn er wirklich existiert, überhaupt aufzufinden; denn erstens würde er so lichtschwach sein, daß man ihn nur in den größten Fernrohren beobachten könnte, und zweitens wäre seine Bewegung, durch die man ihn von den umgebenden Fixsternen unterscheiden könnte, so langsam, daß es vieler Monate, vielleicht Jahre, bedürfte, um sie überhaupt zu bemerken.

Ihr denkt nun womöglich, es zieme sich für die heutigen Astronomen, als würdigen Nachfahren eines Leverrier, neue Planeten ebenfalls am Schreibtisch zu errechnen. Aber dazu bedürfte es als

Abb. 29. Blick in die Milchstraße. Eine Gegend im Sternbild des Schwans

notwendiger Vorbedingung, daß sich in der Bewegung des Neptun Abweichungen zeigen, die nicht durch die Einwirkung der bekannten Planeten erklärt werden können. Bisher hat man aber noch nichts derartiges bemerkt, wobei allerdings zu bedenken ist, daß Neptun

seit seiner Entdeckung erst knapp einen halben Umlauf zurückgelegt hat. Es ist deshalb sehr wohl möglich, daß später doch noch Unregelmäßigkeiten zutage treten.

Aber es gibt noch einen anderen Weg. Man könnte nämlich den unbekannten Planeten aus der Anziehung ermitteln, die er auf einen ihm zu nahe kommenden Kometen ausübt, dessen Bahn infolge dieser Einwirkung gestört werden würde. Rechnerische Versuche in dieser Hinsicht sind auch tatsächlich schon unternommen worden, bis jetzt aber ohne Erfolg. —

Die Wissenschaft vermag uns über die Grenzen der Sonnenwelt nichts Abschließendes zu sagen. So wollen wir denn zuguterletzt unseren Blick über alle Grenzen hinaus in jene Fernen senden, aus denen Millionen Fixsterne zu uns herüberleuchten (Abb. 29).

Ein Blick in die Milchstraße! — Als ein Sternenmeer von unbeschreiblicher Pracht und Fülle enthüllt sich jenes mattschimmernde Himmelsband dem Auge der photographischen Kamera. Und jeder Stern ist eine Sonne gleich unserer Sonne, und unsere Sonne ein Stern wie sie. Aber fast 9000 mal müssen wir die Strecke von der Sonne zum Neptun durchwandern, um den nächsten Fixstern zu erreichen, der als Stern α im Zentauren unseren Südhimmel schmückt. Nur die unermeßlichen Entfernungen im Weltall erklären es, wie unserem Blick gigantische Sonnen zu Lichtpunkten werden.

Fixsterne, festgeheftete Sterne, nennen wir sie. Und doch ist nichts fest im Raume. Alles fließt, alles bewegt sich. Ganze Ströme von Sternen ziehen gemeinsam ihre Bahn, begegnen sich, durchkreuzen einander, und in einem von ihnen, mitten unter anderen Sternen, eilt auch unser Stern, die Sonne, mit ihrem ganzen Gefolge von Planeten und Kometen dahin, einem unbekannten Ziele entgegen. Neunzehn Jahrhunderte lang verfolgt sie seit dem Ausgang der antiken Kultur schon ihren Weg, Sekunde um Sekunde läßt sie neue 20 km hinter sich, und doch war in den Tagen der römischen Kaiser — wie wir einem aus jener Zeit stammenden Sternverzeichnis entnehmen können — der Anblick des Sternhimmels genau derselbe wie heute. Erst die feinsten Messungen am Fernrohr offenbaren uns das rastlose Getriebe des Universums.

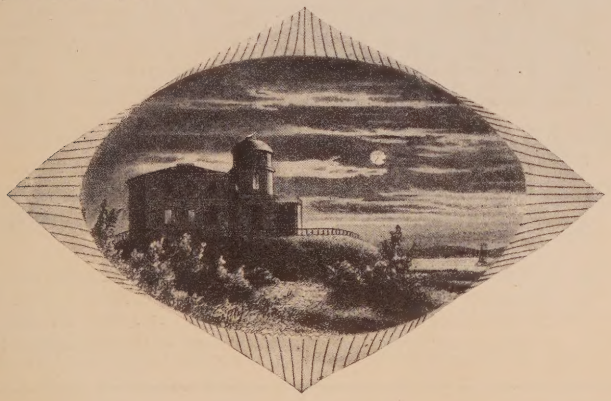
Ob auch andere Sonnen Planeten um sich haben? Wir wissen es nicht. Nach den neuesten Forschungen über den Lebenslauf der Sterne

scheint dieser Fall jedoch eine nicht allzuoft verwirklichte Tatsache darzustellen, so daß die Erde und ihre Geschwister ihr Dasein einem besonderen Ereignis zu verdanken hätten, das in ferner Vergangenheit einmal unseren Sonnenstern betroffen hat.

Dürfen wir somit die Hoffnung, daß mancher von den kleinen Sternen, die unseren Himmel schmücken, „daheim" als mächtige Sonne denkenden und fühlenden Wesen leuchte, nicht allzu hoch spannen, so wendet sich der Blick desto erwartungsvoller unserer engeren Welt zu, um wenigstens auf den Schwesterplaneten nach Wesen zu forschen, die uns in der Überwindung des Stoffes durch den Geist verwandt sind. Doch auch hier muß die exakte Wissenschaft ihr bescheidenes „ignoramus" aussprechen, wir wissen es nicht.

Aber insofern der kritische Verstand sich zurückhält und dem Gemüt sein Recht gibt, läßt auch sie gern den Sphären des Geisteslebens den Vortritt, die dem Gemüt eine Antwort auf unsere Frage geben können. Greift zu Dantes Divina Comedia; im „Paradiso" wird euch die Antwort aus der Lichtwelt der Übernatur entgegenklingen. Vertieft euch in Emanuel Swedenborgs Schriften, und im Halbdunkel grübelnder Mystik werdet ihr sie finden. Lest Kurd Laßwitz' Roman: Auf zwei Planeten; dort gibt sie euch mit prophetischem Blick der phantasiebegabte Schriftsteller.

Doch hier sind andere die berufenen Führer; an sie trete ich mein Amt ab. Ihr alle, die ihr mir bis zum Ende unserer Reise getreulich folget, lebt wohl!



Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin SW 68
Gegründet 1808 / (Postscheck 145)

Am Fernrohr. Eine Sammlung von Beobachtungsobjekten für Freunde des gestirnten Himmels. Von Dr. Fr. Becker. Geb. M. 2.50.

Sternatlas. Nach der 4. Aufl. von Littrows Atlas des gestirnten Himmels vollständig neu bearbeitet von Friedrich Becker. Einleitung von Prof. Dr. J. Plaßmann. Geb. M. 8.—.

„Der Sternatlas ist in solchem Umfang umgearbeitet und verbessert worden, daß er als Neuschöpfung gelten kann . . . Alle Freunde der Astronomie werden dem Herausgeber dankbar sein, daß dieser Sternatlas in so vervollkommneter und schöner Weise wieder erschienen ist." (Literar. Handweiser.)

Littrows Atlas des gestirnten Himmels. Für Freunde der Astronomie. Taschenausgabe. 3. Auflage. Einleitung von Prof. Dr. J. Plaßmann. Geb. M. 2.50.

Kleine Himmelskunde. Versuch einer gemeinfaßlichen Darstellung des Wissenswertesten aus der Astronomie. Von Prof. Dr. Joseph Plaßmann. Mit vielen Abbildungen. Geb. M. 6.—.

„Hevelius", Handbuch für Freunde der Astronomie und kosm. Physik. In Verbindung mit Fr. Albrecht, Fr. Becker, Theobald Epstein, Philipp Fauth, Joh. Hellerich, Cuno Hoffmeister, Christian Jensen, Otto Knopf, Hans Kolbow, Martin Lindow, Heinrich Osthoff und Ernst Schultz herausgegeben von Joseph Plaßmann. Gr.-8°. (XIX und 672 Seiten, reich illustriert.) M. 12.—, geb. M. 15.—.

„Den zahlreichen Freunden der Himmelskunde wird hier ein allen modernsten Ansprüchen genügendes umfassendes Handbuch dargeboten: Die mathematischen Grundlagen der astronomischen Berechnungen und diese selbst, die Beobachtungen der Gestirne, die Astrospektroskopie, die Einrichtung der Sternwarten, die astronomischen Instrumente inkl. der geometrischen Optik, die Zeitmessung, die Himmelsphotographie, Finsternisse, veränderliche Sterne, dazu die Übersicht über das gesamte Gebiet der Geophysik, nichts Einschlägiges ist vergessen. So vermag das eine Buch eine kleine astronomische Bibliothek zu ersetzen. Der Name Plaßmann bürgt für die Hochwertigkeit des Inhalts." (Natur und Kultur).

Die Freude an der Astronomie. Von Prof. W. Förster. 2. Auflage. M. —.30.

Littrows Wunder des Himmels. 9. Auflage, bearbeitet von Prof. Dr. Paul Guthnick, Direktor der Sternwarte Berlin-Babelsberg. (In Vorbereitung, erscheint Ende 1925.)

Die Himmelswelt. Mitteilungen der „Vereinigung von Freunden der Astronomie und kosmischen Physik" (V. A. P.), redigiert von Prof. Dr. Joseph Plaßmann. 35. Jahrgang 1925. (12 Hefte.) M. 10.—.

Die „Vereinigung von Freunden der Astronomie u. kosmischen Physik" ladet Freunde der Himmelskunde zum Beitritt ein. Näheres u. Probehefte durch den Verlag.

Author Becker, Friedrich 213318 Astron. B.
Title Eine Fahrt durch die Sonnenwelt.
DATE.

University of Toronto Library

DO NOT REMOVE THE CARD FROM THIS POCKET

Acme Library Card Pocket
Under Pat "Ref. Index File"
Made by LIBRARY BUREAU